

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ

**«Μελέτη της μεταβλητότητας του Bitcoin κατά τη διάρκεια
της πανδημίας COVID-19 μέσω κατάλληλων μοντέλων
GARCH»**

Βαμβουκλή Ραλλίτσα

Διπλωματική Εργασία υποβληθείσα στο Τμήμα Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην Οικονομική και Επιχειρησιακή Στρατηγική

Πειραιάς, Φεβρουάριος 2023

UNIVERSITY OF PIRAEUS
DEPARTMENT OF ECONOMICS



MASTER PROGRAM IN
ECONOMIC AND BUSINESS STRATEGY

**«Research study in the volatility of Bitcoin during the
COVID 19 pandemic, by the use of appropriate GARCH
models»**

By
Vamvoukli Rallitsa

Master Thesis submitted to the Department of Economics of the University of Piraeus in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Arts in Economic and Business Strategy

Piraeus, Greece, February 2023

«Μελέτη της μεταβλητότητας του Bitcoin κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID 19 μέσω κατάλληλων μοντέλων GARCH»

Σημαντικοί όροι: Κρυπτονομίσματα, μεταβολές, χρηματοοικονομικοί δείκτες, μοντέλα, δείγμα, αποδόσεις, πανδημία

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση των μεταβολών των κρυπτονομισμάτων Bitcoin καθώς και η εξέταση των επιπτώσεων της πανδημίας COVID 19 στις ημερήσιες αποδόσεις τους. Οι βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιούνται αποτελούνται από τιμές χρηματοοικονομικών δεικτών (αποδόσεις κατά κύριο λόγο), για τα κρυπτονομίσματα **Bitcoin (BTC)**, **Ethereum (ETH)** και **BinanceCoin (BNB)**. Η χρονική περίοδος που εξετάζεται για όλες τις περιπτώσεις περιλαμβάνει την απαρχή και πορεία της πανδημίας COVID 19 με ότι αυτό επέφερε στις διεθνείς χρηματοοικονομικές αγορές. Χωρίσαμε το δείγμα μας σε δυο υποπεριόδους, η πρώτη περίοδος ονομάζεται «**Before COVID 19**» και η δεύτερη «**During COVID 19**», μοντελοποιούμε τη μεταβλητότητα της αγοράς κρυπτονομισμάτων, λίγο πριν αλλά και κατά την επικράτηση της πανδημίας του COVID-19. Το χρονικό σημείο αναφοράς επιλέχθηκε διότι μετά από τα μέσα Μαρτίου του 2020, καταγράφηκε η πρώτη μεγάλη αύξηση των κρουσμάτων παγκοσμίως καθώς και η εκτόξευση των θανάτων όπως παρουσιάζονται και στα διαγράμματα. Επίσης, έχουν εφαρμοστεί παραλλαγές από μοντέλα της μορφής $GARCH(p, q)$, $TGARCH(p, q)$ και $EGARCH(p, q)$ προκειμένου να μοντελοποιηθεί και κατ' επέκταση εκτιμηθεί η μεταβλητότητα των ημερήσιων αποδόσεων και οι τυχόν επιπτώσεις μόχλευσης (leverage effect) για τις περιπτώσεις των κρυπτονομισμάτων **Bitcoin**, **Ethereum** και **BinanceCoin**. Τα αποτελέσματα που εξάγουμε αποδίδουν την καλύτερη κατανόηση στους χρηματοοικονομικούς επενδυτές για να επενδύσουν ορθολογικά και προσεκτικά σε περιόδους πανδημίας. Για την αξιοπιστία της ανάλυσης και των συμπερασμάτων πρέπει να διεξαχθούν έλεγχοι επί των καταλοίπων των μοντέλων. Συμπερασματικά, η πανδημία του COVID 19 επέφερε μια κρίση στις παγκόσμιες χρηματοπιστωτικές αγορές και έχει οδηγήσει σε κατάσταση πανικού τους επενδυτές. Τα αποτελέσματα της παρούσας ανάλυσης, δύνανται να βοηθήσουν τους επενδυτές ώστε να επανεξετάσουν τις στρατηγικές και τις αποφάσεις τους για να μειωθεί ο πιθανός κίνδυνος στην αγορά των κρυπτονομισμάτων.

«Research study in the volatility of Bitcoin during the COVID 19 pandemic, by the use of appropriate GARCH models»

Keywords: Cryptocurrencies, crypto-market, sample, models , indexes, Pandemic

Summary

The aim of this research is to analyze the Bitcoin's variability and deliberate COVID-19 effects on crypto- market. The data bases which used, consist of financial indexes, and mainly returns for cryptocurrencies such as **Bitcoin (BTC)**, **Ethereum (ETH)** και **BinanceCoin (BNB)**. The examined period considers the beginning and the course of the Pandemic, and the way it has affected the international market. We separated the sample in two periods: the first period is called "**Before COVID-19**" and the second period is called "**During COVID-19**", the volatility in crypto-market is being modeled, before and during the Pandemic. The time period which is chosen is a benchmark and that because after the mid- March 2020, the first big wave of COVID-19 cases had begun, as well as the first big outbreak of deaths. Furthermore, variations are applied from *GARCH* (p, q), *TGARCH* (p, q) and *EGARCH* (p, q) models, in order to estimate the volatility of the daily returns and maybe leverage effect apropos of these cryptocurrencies Bitcoin, Ethereum and BinanceCoin. The results we inferred, offer the opportunity to investors to comprehend how to invest rationally and carefully in a Pandemic period. The analysis and the conclusions are reliable for the reason that the appropriate researches had been carried out on models' residuals. Taking all above into consideration, the COVID-19 Pandemic provoked crisis in financial international markets and has affected in a negative way the investors. The assumptions of the analysis are able to help the investors in order to reconsider their strategies and decisions to minimize the possible risk in the crypto-market.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	6
Το Χρήμα και Κρυπτονομίσματα	6
1.1 Το Χρήμα.....	6
1.1.1 Βασικές έννοιες.....	6
1.1.2 Τα χαρακτηριστικά του χρήματος.....	6
1.1.3 Παραστατικό χρήμα.....	7
1.1.4 Ψηφιακό χρήμα.....	8
1.2 Κρυπτονομίσματα.....	9
1.2.1 Η επιστήμη της κρυπτογράφησης.....	9
1.2.2 Ορισμός κρυπτονομίσματος.....	9
1.2.3 Χαρακτηριστικά.....	11
1.2.4 Πλεονεκτήματα κρυπτονομισμάτων.....	12
1.2.5 Μειονεκτήματα κρυπτονομισμάτων.....	13
1.2.6 Ομοιότητες και διαφορές κρυπτονομισμάτων και ηλεκτρονικού χρήματος.....	14
1.2.7 Ιστορικά στοιχεία κρυπτονομισμάτων.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	15
Το Bitcoin	15
2.1 Οι απαρχές του.....	15
2.2 Τεχνολογία blockchain	16
2.3 Τεχνολογία συναλλαγών Bitcoin	17
2.4 Συναλλαγές Bitcoin.....	18
2.5 Πώληση αγαθών με Bitcoins	20
2.6 Το Bitcoin ως αμοιβή εργασίας	21
2.7 Ιστορικά στοιχεία.....	21
2.8 Χαρακτηριστικά Bitcoin	22
2.9 Swot analysis Bitcoin.....	23
2.9.1 Δυνατά σημεία (Strengths)	24
2.9.2 Αδύνατα Σημεία (Weaknesses).....	24
2.9.3 Ευκαιρίες (Opportunities).....	25
2.9.4 Απειλές (Threats).....	25

2.10 Πώς αντιμετωπίζουν οι Έλληνες χρηματιστές το Bitcoin	26
2.11 Bitcoin και κορονοϊός	27
2.12 Ανταγωνιστικά κρυπτονομίσματα	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	29
Χρονολογικές Σειρές	29
3.1 Στάσιμες και μη χρονολογικές σειρές.....	29
3.1.1 Βασικές έννοιες.....	29
3.1.3 Η περίπτωση των στάσιμων στοχαστικών υποδειγμάτων ARMA	34
3.1.4 Αυτοπαλίνδρομα υποδείγματα AR και κινητών μέσων MA	35
3.1.5 Η περίπτωση των μη στάσιμων υποδειγμάτων	37
3.2 Υποδείγματα <i>ARCH</i> και <i>GARCH</i>	40
3.2.1 Χαρακτηριστικά της μεταβλητότητας	40
3.2.2 Μοντέλα μεταβλητότητας.....	41
3.2.3 Η Χρησιμότητα της οικογένειας των ARCH υποδειγμάτων	43
3.2.4 Leverage effect.....	44
3.2.5 Άλλα χαρακτηριστικά	45
3.2.6 ARCH υποδείγματα	45
3.2.7 GARCH υποδείγματα	46
3.2.8 EGARCH υποδείγματα.....	47
3.2.9 TARARCH υποδείγματα.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	49
Ανάλυση δεδομένων και συμπεράσματα.....	49
4.1 Σειρές και περιγραφικά χαρακτηριστικά	49
4.2 Το σκεπτικό της ανάλυσης.....	53
4.3 Εκτίμηση μοντέλων	55
4.4 Διαγνωστικοί έλεγχοι.....	65
4.5 Προβλέψεις μεταβλητότητας	69
4.6 Συμπεράσματα	71
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	73
Ελληνική.....	73
Ξένα	73
Διαδικτυακοί Τόποι.....	75

Κατάλογος Πινάκων

TABLE 1**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Το Χρήμα και Κρυπτονομίσματα

1.1 Το Χρήμα

1.1.1 Βασικές έννοιες

Το χρήμα¹ αποτελεί το σύνολο των οικονομικών αξιών που οι άνθρωποι χρησιμοποιούν για την αγορά αγαθών και υπηρεσιών. Σε γενικές γραμμές, όποια μορφή και να έχει ένα μέσο εφόσον χρησιμοποιείται από τα μέλη μιας κοινωνίας σε αντάλλαγμα οποιαδήποτε αγαθού, είναι εν γένει χρήμα. Οτιδήποτε λογίζεται ως χρήμα μπορεί να είναι φυσικά αντικείμενα και λίστες πληροφοριών (λογιστικά βιβλία). Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε είτε να ανταλλάζουμε απτά αντικείμενα είτε να καταγράφουμε τις οικονομικές μας δραστηριότητες σε ένα κομμάτι χαρτί. Το καθολικό είναι ο βασικός τρόπος καταγραφής των ανταλλαγών και των οικονομικών υποχρεώσεων.

1.1.2 Τα χαρακτηριστικά του χρήματος

- **Ανθεκτικότητα:** Τα χρήματα πρέπει να είναι ανθεκτικά και να διατηρούν την αξία τους με την πάροδο των χρόνων.
- **Αυθεντικότητα:** Τα χαρτονομίσματα είναι θεωρητικά εύκολο να ελεγχθούν ως προς την αυθεντικότητά τους. Βέβαια, πάντα ελλοχεύει ο κίνδυνος εξαπάτησης από πλαστά.
- **Εμπορευσιμότητα:** Ένα νόμισμα πρέπει να μπορεί να πουληθεί οποιαδήποτε στιγμή χωρίς να χάνει την αξία του σε κάθε συναλλαγή. Αυτό επιτυγχάνεται μόνο όταν είναι ευρέως αποδεκτό ως περιουσιακό στοιχείο και υπάρχει επαρκής ρευστότητα.

¹ G. (2020, June 9). Χρήμα (Money) - ορισμός | Ευρετήριο Οικονομικών Όρων. Ευρετήριο Οικονομικών Όρων. <https://euretirio.com/xrima/>

1.1.3 Παραστατικό χρήμα

Το *παραστατικό χρήμα*² (fiat money) ή εναλλακτικά *χρήμα αναγκαστικής κυκλοφορίας* είναι το μέσο πληρωμής το οποίο δεν καλύπτεται από αποθεματικό άλλων υλικών (π.χ. χρυσός) και επομένως στερείται κάποιας εσωτερικής αξίας έστω και έμμεσα. Επιβάλλεται στις συναλλαγές από κάποια αρχή (συνήθως το κράτος) τόσο στις πληρωμές όσο και στις εισπράξεις. Εκφράζεται με κάποια νομισματική μονάδα και έχει την μορφή συνήθως χαρτονομισμάτων και κερμάτων τα οποία μπορεί να έχουν ονομαστική αξία ίση, πολλαπλάσια ή υποπολλαπλάσια της νομισματικής μονάδας. Το χάρτινο χρήμα καλείται παραστατικό χρήμα διότι η χρησιμοποίηση (και αξία) του ως χρήματος εξαρτάται από την πίστωση της κυβέρνησης που το εκδίδει, και όχι από οποιοδήποτε δικαίωμα να μετατραπεί σε μεταλλικά νομίσματα.

Πιο συγκεκριμένα, το παραστατικό χρήμα απελευθερώνεται πλήρως από την ποσότητα των πολύτιμων μετάλλων. Όμως έχει αξία ως μέσο συναλλαγών όταν πληρούνται κάποιες βασικές προϋποθέσεις, όπως είναι:

- Η σταθερή χορήγηση χρήματος από τις Κεντρικές Τράπεζες. Η ποσότητα του χρήματος που διατίθεται στην κυκλοφορία πρέπει να είναι σύμφωνη και να ακολουθεί την οικονομική ανάπτυξη και να συνυπολογίζονται και άλλα οικονομικά μεγέθη όπως, για παράδειγμα, ο πληθωρισμός.
- Η αναγνώριση ως μέσου πληρωμής να είναι εγγυημένη και να επιβάλλεται από το κράτος. Η επιβολή αυτή σήμερα γίνεται συνήθως με νόμο.
- Τέλος, η αγοραστική του δύναμη να είναι σταθερή. Η νομική του κατοχύρωση στις συναλλαγές έχει νόημα μόνο επειδή μπορεί να μετατραπεί σε επιθυμητά αγαθά και

²Wikimedia. (2020, July 31). Παραστατικό χρήμα. Βικιπαίδεια.

χρηματοοικονομικά προϊόντα που παράγονται και προσφέρονται από τη χώρα στην οποία το εν λόγω νόμισμα κυκλοφορεί.

1.1.4 Ψηφιακό χρήμα

Το *ψηφιακό νόμισμα*³ (ψηφιακό χρήμα, ηλεκτρονικό χρήμα ή ηλεκτρονικό νόμισμα) είναι οποιοδήποτε νόμισμα που αποθηκεύεται ή ανταλλάσσεται κατά κύριο λόγο σε συστήματα ψηφιακών υπολογιστών, ειδικά μέσω του διαδικτύου. Τα περισσότερα ψηφιακά νομίσματα είναι κρυπτογραφημένα όπως για παράδειγμα το Bitcoin, το Litecoin. Τα ψηφιακά νομίσματα παρουσιάζουν ιδιότητες παρόμοιες με τα παραδοσιακά νομίσματα, αλλά γενικά δεν έχουν φυσική μορφή, σε αντίθεση με τα παραδοσιακά νομίσματα τα οποία είναι τυπωμένα, πχ το ευρώ. Η έλλειψη φυσικής μορφής επιτρέπει σχεδόν στιγμιαίες συναλλαγές μέσω του Διαδικτύου και αφαιρεί το κόστος που σχετίζεται με τη διανομή χαρτονομισμάτων και κερμάτων. Αυτοί οι τύποι νομισμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αγορά φυσικών αγαθών και υπηρεσιών, αλλά μπορεί επίσης να περιορίζονται σε ορισμένες κοινότητες, όπως για χρήση σε ένα διαδικτυακά παιχνίδια και παρουσιάζουν γοργή ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια.

Το fintech , το e-banking , το mobile banking , το digital finance , τα κρυπτονομίσματα, αντικαθιστούν σιγά σιγά το παραδοσιακό χρήμα (κέρματα και χαρτονομίσματα) έχοντας βάλει τις βάσεις για μια οικονομία χωρίς μετρητά (cashless economy).

Ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα⁴ της χρήσης του ψηφιακού χρήματος είναι ότι ενισχύει τη διαφάνεια στις χρηματικές συναλλαγές, μειώνοντας σημαντικά τις παράνομες δραστηριότητες που βασίζονται στη χρήση μετρητών, όπως το ξέπλυμα χρημάτων και οι ληστείες. Η μετεξέλιξη σε μια κοινωνία χωρίς μετρητά μειώνει και τη φοροδιαφυγή. Το γεγονός αυτό, αυξάνει το ΑΕΠ της χώρας και ελαφρύνει τους συνεπείς φορολογούμενους. Οι συναλλαγές

³Wikimedia. (2021b, July 2). Ψηφιακό νόμισμα. Βικιπαίδεια.

⁴ Ινστιτούτο Χρηματοοικονομικού Αλφαριθμητισμού. (2023, March 1)

μπορούν να πραγματοποιηθούν από οποιοδήποτε σημείο ,μηδενίζοντας την απόσταση, με αποτέλεσμα να εξοικονομείται πολύτιμος χρόνος, χρήμα και ενέργεια.

Ένα άλλο ζήτημα⁵ το οποίο πηγάζει από μία οικονομία χωρίς μετρητά ,είναι η αυξημένη πιθανότητα παραβίασης της ιδιωτικότητας του πολίτη αφού δημιουργούνται ψηφιακά ίχνη κάθε φορά που κάποιος πραγματοποιεί μια συναλλαγή -ιδιαίτερα σε χώρες που δεν έχουν βάλει προτεραιότητα την προστασία των προσωπικών δεδομένων. Να σημειωθεί ότι το πρόβλημα αυτό ξεπερνιέται με την χρήση των κρυπτονομισμάτων.

1.2 Κρυπτονομίσματα

1.2.1 Η επιστήμη της κρυπτογράφησης

Η κρυπτογράφηση είναι ένας συνδυασμός των επιστημών της πληροφορικής, των μαθηματικών και της ηλεκτρολογίας . Σε γενικές γραμμές, αποτελούσε το βασικό μέσο για στρατιωτικές και διπλωματικές επιχειρήσεις και την δεκαετία του 1980, άρχισε να εξαπλώνεται και στις τηλεπικοινωνίες , μέσω των κρυπτογραφικών συσκευών. Στις ημέρες μας, σχεδόν κάθε μας ενέργεια χαρακτηρίζεται από κρυπτογράφηση. Οι αγορές μέσω τερματικού POS ή η χρήση του τηλεχειριστήριου της τηλεόρασης αποτελούν παραδείγματα μορφών κρυπτογράφησης.

1.2.2 Ορισμός κρυπτονομίσματος

Το κρυπτονόμισμα δεν είναι τίποτα λιγότερο από ένα ψηφιακό χρήμα. Έκανε την εμφάνιση του το 2008, με το ξέσπασμα της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης και πλέον είναι ευρέως διαδεδομένο. Χρησιμοποιείται φυσικά, ως μέσο συναλλαγής και όλα δείχνουν πώς αποτελεί το νόμισμα της μελλοντικής παγκόσμιας οικονομίας. Σύμφωνα με την Τράπεζα της Ελλάδας⁶, τα κρυπτονομίσματα δεν είναι νομίσματα. Δεν αποτελούν ένα γενικά αποδεκτό μέσο πληρωμής, θεωρούνται ασταθή και δεν υποστηρίζονται από καμία κεντρική δημόσια αρχή.

⁵ Ινστιτούτο Χρηματοοικονομικού Αλφαριθμητισμού. (2023, March 1)

⁶ Τι-είναι-to-bitcoin; (n.d.). <https://www.bankofgreece.gr/enimerosi/epeksigiseis/ti-einai-to-bitcoin>

Από την άλλη, τα συμβατικά νομίσματα παρουσιάζουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά με το κρυπτονόμισμα, ωστόσο η διαφορά τους έγκειται αφενός στο ότι το κρυπτονόμισμα δημιουργείται με συγκεκριμένες αρχές κρυπτογράφησης για τον αποτελεσματικό έλεγχο των συναλλαγών και τη συνολική διασφάλιση του δικτύου και αφετέρου στο ότι η χρησιμοποίηση του συγκριτικά με τα κοινά νομίσματα τονώνει την διαφάνεια των συναλλαγών. Τέλος, το κρυπτονόμισμα έχει δημιουργηθεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μην επηρεάζεται η αξία του από τον πληθωρισμό.

Τα ψηφιακά κρυπτονομίσματα ⁷ξεπερνούν τα όρια και τις ανεπάρκειες των παραστατικών νομισμάτων. Η νέα επανάσταση των κρυπτονομισμάτων είναι έτοιμη να εξασφαλίσει απόλυτη οικονομική ισότητα σε όλους, με πλήρη πρόσβαση σε χρηματοοικονομικά εργαλεία που επί του παρόντος προορίζονται για τους τραπεζίτες επενδύσεων και τους πλούσιους πελάτες τους.

Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνει το Merriam-Webster ⁸, το κρυπτονόμισμα ορίζεται ως *"κάθε μορφή νομίσματος που υπάρχει μόνο σε ψηφιακή μορφή, η οποία συνήθως δεν διαθέτει κάποια κεντρική αρχή έκδοσης ή ελέγχου του νομίσματος, αλλά χρησιμοποιεί αποκεντρωμένο σύστημα για την καταγραφή συναλλαγών και τη διαχείριση της έκδοσης νέων μονάδων, και το οποίο βασίζεται στις αρχές της κρυπτογραφίας για την αποτροπή ενεργειών παραχάραξης (counterfeiting) και δόλιων συναλλαγών"*. Με βάση τον παραπάνω ορισμό, αντιλαμβανόμαστε ότι το κρυπτονόμισμα είναι δύσκολο να πλαστογραφηθεί και γεννήθηκε μέσω της προσπάθειας να καταπολεμηθούν κακόβουλες τακτικές (πλαστογραφία, διπλή δαπάνη). Επιπλέον, είναι ένα νόμισμα το οποίο δεν ελέγχεται από κάποιο κρατικό φορέα ή μια κεντρική τράπεζα, δίνοντας έτσι και στους πολίτες της εκάστοτε κοινωνίας μια δημοκρατική χροιά.

Το 2008 έχουμε την εμφάνιση του πρώτου κρυπτονομίσματος, του Bitcoin, το οποίο είναι το πιο δημοφιλές και κατέχει την μεγαλύτερη κεφαλαιοποίηση. Έπειτα ακολουθούν το Litecoin (2011), το Ripple (2012), το Dash και το Monero (2014) και το Ethereum (2015). Πλέον, ο συνολικός αριθμός τους υπερβαίνει τα 2000, παγκοσμίως.

⁷ Kriptomat. (n.d.). *Kriptomat - Buy, Sell And Store Your Favorite Cryptocurrencies*. <https://kriptomat.io/>

⁸ *Definition of cryptocurrency*. (2023). In *Merriam-Webster Dictionary*.

1.2.3 Χαρακτηριστικά











Τα χαρακτηριστικά που ακολουθούν τα κρυπτονομίσματα είναι τα παρακάτω:

- Τα κρυπτονομίσματα περιλαμβάνουν μια Peer to Peer σύνδεση και ένα σύστημα μεταφοράς δεδομένων, με απουσία κεντρικής αρχής ελέγχου ή επιβεβαίωσης των συναλλαγών.
- Έχουν μια συγκεκριμένη συνολική ποσότητα νομισμάτων που μπορούν να δημιουργηθούν ή να διοχετευτούν, γεγονός που επηρεάζει την τιμή και την διαθεσιμότητα τους.
- Γίνεται χρήση της τεχνολογίας Blockchain καθώς και μιας συγκεκριμένης βάσης δεδομένων που αποτρέπει τις διπλές δαπάνες μέσω της αποθήκευσης των συναλλαγών και των μεταφορών νομισμάτων.
- Εξασφαλίζουν ασφαλή χρήση μέσω της κρυπτογράφησης δημόσιου και ιδιωτικού κλειδιού.
- Κατέχουν έναν υπολογιστικό αλγόριθμο που επαληθεύει την ακεραιότητα του block chain και διαδοχικά μπλοκ που περιέχουν τα δεδομένα των συναλλαγών. Λόγω της πεπερασμένης ποσότητας που βρίσκεται σε κυκλοφορία στα περισσότερα κρυπτονομίσματα, ο αλγόριθμος αντιλαμβάνεται την δυσκολία και την υπολογιστική ισχύ που απαιτείται ανάλογα με την ποσότητα των κερμάτων που εξορύσσονται.

Παρακάτω παρατίθενται τα δέκα δημοφιλέστερα κρυπτονομίσματα, με βάση την κεφαλαιοποίηση τους.

Πίνακας 1.2.4

Τα δέκα δημοφιλέστερα κρυπτονομίσματα βάσει την κεφαλαιοποίηση τους

Rank	Name	Symbol	Market Cap
1	 Bitcoin	BTC	\$444,096,357,374
2	 Ethereum	ETH	\$202,346,049,581
3	 Tether	USDT	\$66,320,540,312
4	 USD Coin	USDC	\$54,493,039,712
5	 BNB	BNB	\$46,639,860,186
6	 XRP	XRP	\$18,195,995,469
7	 Binance USD	BUSD	\$17,921,480,313
8	 Cardano	ADA	\$17,119,844,229
9	 Solana	SOL	\$14,630,098,151
10	 Dogecoin	DOGE	\$9,034,172,773

Όπως γίνεται αντιληπτό, το Bitcoin είναι το επικρατέστερο κρυπτονόμισμα, σε παγκόσμια κλίμακα. Το Bitcoin χρησιμοποιείται κυρίως στις οικονομίες της Κίνας και της Ιαπωνίας. Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, είναι επίσης διαδεδομένο στην Αγγλία, την Σουηδία και την Δανία. Ωστόσο, η χρήση των κρυπτονομισμάτων αντιμετωπίζεται με επιφυλάξεις από πολλές χώρες όσο αφορά το μη ελεγχόμενο σύστημα πληρωμών από κάποια κρατική αρχή.

1.2.5 Πλεονεκτήματα κρυπτονομισμάτων

Τα κρυπτονομίσματα παρουσιάζουν μια σειρά από θετικά οφέλη⁹ στους χρήστες τους. Πρώτον, μέσω του Peer to Peer δικτύου εξασφαλίζονται οι γρήγορες, ασφαλείς παγκόσμιες συναλλαγές, με ελάχιστο κόστος μεταφοράς. Τα ιδιωτικά κλειδιά δίνουν λύση στο πρόβλημα των διπλών δαπανών, έτσι δεν μπορούν να παραβιαστούν εύκολα. Επιπλέον, τα χαρακτηριστικά ασφαλείας των κρυπτονομισμάτων, μειώνουν ακόμα την δυνατότητα για τον προμηθευτή πληρωμής (payment processor), όπως το PayPal ή η Visa για τον έλεγχο της ταυτοπροσωπίας και την επαλήθευση κάθε ηλεκτρονικής χρηματικής συναλλαγής. Με τη σειρά του, το γεγονός αυτό μειώνει αισθητά την ανάγκη για υποχρεωτικές αμοιβές συναλλαγών για την υποστήριξη της εργασίας των επεξεργαστών πληρωμών (payment processors).

⁹ Φίλιππα, Τ. Ν. (2016, September 20). Το bitcoin ως το νόμισμα της νέας εποχής. euro2day.gr.

Στη συνέχεια, με την χρήση των κρυπτονομισμάτων οι διεθνείς συναλλαγές πραγματοποιούνται με το ίδιο τρόπο, όπως και οι εγχώριες. Δεν εξαρτάται ο τόπος, στο οποίο βρίσκεται ο αποστολέας και ο παραλήπτης. Επομένως, αυτό αποτελεί ένα μεγάλο πλεονέκτημα συγκριτικά με τις διεθνείς συναλλαγές που πραγματοποιούνται με τα κοινά νομίσματα, τα οποία σχεδόν σε πολλές περιπτώσεις ενέχουν ειδικών προμηθειών, που δεν ισχύουν για τις εγχώριες συναλλαγές, όπως λόγου χάρη, είναι οι διεθνείς χρεώσεις για την χρησιμοποίηση πιστωτικών καρτών.

Προχωρώντας πιο κάτω, είναι σημαντικό να αναφερθεί πως τα κρυπτονομίσματα είναι σπάνια και προστατεύονται από οποιαδήποτε τάση του πληθωρισμό. Επιπροσθέτως, δεν φορολογούνται καθώς δεν αναγνωρίζονται ως περιουσιακό στοιχείο βάσει απόφασης του Ευρωπαϊκού Δικαστηρίου. Τέλος, χωρίς αμφιβολία ,εξασφαλίζουν την ανωνυμία των χρηστών τους, προστατεύοντας έτσι τα προσωπικά τους δεδομένα.

1.2.6 Μειονεκτήματα κρυπτονομισμάτων

Στον αντίποδα, τα κρυπτονομίσματα παρουσιάζουν αρκετά μειονεκτήματα¹⁰. Αρχικά, εφόσον δεν διέπονται από μια κεντρική αρχή που να είναι υπεύθυνη για το λογισμικό συναλλαγών τα καθιστά ευάλωτα στους κινδύνους. Δυστυχώς, δεν υπάρχει νομοθετική πρόβλεψη για την προστασία των χρηστών σε περίπτωση απάτης. Επίσης, ένα μειονέκτημα είναι πως δεν υφίσταται έλεγχος στις συναλλαγές και συχνά παρατηρείται πως κάποιοι χρήστες κάνουν αγορές χωρίς αντίκρισμα πέφτοντας συχνά θύματα εξαπάτησης. Στον αντίποδα βρίσκονται τα δίκτυα πιστωτικών καρτών όπως η Visa, η MasterCard και το PayPal, τα οποία δίνουν ασφάλεια στις συναλλαγές και παίζουν σημαντικό ρόλο για την επίλυση προβλημάτων.

Σε γενικές γραμμές, τα κρυπτονομίσματα είναι ακόμα αναπτυσσόμενα καθώς έχουν ελλιπή χαρακτηριστικά που βρίσκονται σε ανάπτυξη. Θα πρέπει να δημιουργηθούν νέα εργαλεία αλλά και υπηρεσίες ώστε να μετατραπούν σε πιο ασφαλή και να είναι πιο προσβάσιμα στους χρήστες, αφού δεν είναι γνωστά από μια σημαντική μερίδα ανθρώπων, κυρίως μεγαλύτερης ηλικίας. Είναι σημαντικό, οι άνθρωποι πρέπει να λαμβάνουν ενημέρωση για τα κρυπτονομίσματα και την χρήση τους ώστε να μπορούν να το εφαρμόσουν στη ζωή τους. Το ποσοστό των επιχειρήσεων που τα

¹⁰ Φίλιππα, Τ. Ν. (2016, September 20). *Το bitcoin ως το νόμισμα της νέας εποχής*. euro2day.gr.

χρησιμοποιούν είναι πολύ μικρό, καθώς πολλές δεν γνωρίζουν τα πλεονεκτήματα τους ή ακόμα και την ύπαρξη τους ή εκφράζουν δυσπιστία ως προς αυτά.

Η διακύμανση των τιμών τους είναι επίσης ένα σημαντικό μειονέκτημα. Με τον τρόπο αυτό, αυξάνονται οι πιθανές επιθέσεις κερδοσκοπίας και τα κρυπτονομίσματα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σκοπούς όπως δανεισμό λόγω της έντονης διακύμανσης της τιμής τους.

1.2.7 Ομοιότητες και διαφορές κρυπτονομισμάτων και ηλεκτρονικού χρήματος

- Τόσο τα κρυπτονομίσματα όσο και το ηλεκτρονικό χρήμα είναι σε ψηφιακή μορφή. Η διαφορά όμως είναι πως το ηλεκτρονικό χρήμα αλληλοεπιδρά με το παραστατικό χρήμα. Για παράδειγμα, για να έχουμε ηλεκτρονικό χρήμα και να το διαχειριζόμαστε μέσω του διαδικτύου, θα πρέπει πρώτα να έχουμε κάνει κατάθεση πραγματικών χρημάτων σε τραπεζικό λογαριασμό.
- Το ηλεκτρονικό χρήμα δεν διαφοροποιείται από το παραστατικό χρήμα αφού ο έλεγχος του πραγματοποιείται από τις ίδιες αρμόδιες κρατικές αρχές. Ωστόσο, η τιμή των κρυπτονομισμάτων καθορίζεται από την τάση των χρηστών για αγορά ή πώληση.
- Ένα κρυπτόνμισμα προσδιορίζεται από το περιβάλλον του. Το σύστημα που περιβάλλει ένα κρυπτόνμισμα προσδιορίζει τις συνθήκες προέλευσης και πως θα αποφασίζεται η ιδιοκτησία των μονάδων του. Ενώ, το ηλεκτρονικό χρήμα εκδίδεται από νόμιμα εξουσιοδοτημένο εκδότη (τράπεζα) και είναι αποτέλεσμα ψηφιακής παραγωγής.
- Από την μία, τα κρυπτονομίσματα εξασφαλίζουν ανωνυμία στους χρήστες, προστατεύοντας τα προσωπικά τους δεδομένα. Από την άλλη, το ηλεκτρονικό χρήμα και οι συναλλαγές που συνδέονται με τον χρήστη του είναι ευκολότερα διακριτές, εφόσον απαιτούν την απαραίτητη ταυτοποίηση.

1.2.8 Ιστορικά στοιχεία κρυπτονομισμάτων

Ήδη από την δεκαετία του 1970 , υπήρχε η δυνατότητα αγοράς αντικειμένων με τερματικά καρτών. Μια κοινή πρόταση ήταν η ίδρυση ενός νομίσματος το οποίο θα

χρησιμοποιούνταν αποκλειστικά μέσω του διαδικτύου. Ο βασικός σκοπός όλων των ψηφιακών νομισμάτων, είναι η ασφάλεια των συναλλαγών. Ένα ψηφιακό νόμισμα δεν έχει λίγο ύπαρξης εάν μπορεί να αντιγράφεται ή να αναλώνεται σε δύο σημεία και να δίνει τη δυνατότητα σε κάποιον να δαπανά περισσότερα απ'όσα έχει.

- Το 1983 ο David Chaum δημιούργησε το πρώτο διαδικτυακό νόμισμα, το Digi cash. Το 1995 ο ίδιος παρουσίασε το eCash , όπου ο χρήστης θα έστελνε πληροφορίες στη τράπεζα και αυτές θα κρυπτογραφούνταν.
- Το 1995, έκανε την εμφάνιση του το E-gold από τον Douglas Jack. Ήταν βασισμένο στον χρυσό και ήταν σε κυκλοφορία έως το 2009.
- Το 1998, το B-money ήταν μία πρόταση που ο Wei Dai διατύπωσε σε μια λίστα αλληλογραφίας των Cypher punks και στην οποία πρότεινε την χρησιμοποίηση του hash cash στις υπολογιστικές πηγές για την εξασφάλιση της σπανιότητας των κρυπτονομισμάτων , κάτι που δεν εξελίχθηκε στη πράξη. Το ίδιο έτος, ο Nick Szabo δημιούργησε το Bitgold, προσπαθώντας να καλύψει τις ανεπάρκειες του χρηματοπιστωτικού συστήματος. Δυστυχώς, τα δύο αυτά κρυπτονομίσματα παρόλο που δεν κατάφεραν να υλοποιηθούν, αποτέλεσαν τους προδρόμους του Bitcoin.
- Τέλος, το 2008 , μέσω της διατριβής του “Bitcoin : a peer-to-peer electronic cash system” ο Satoshi Nakamoto παρουσίασε το Bitcoin , το πιο δημοφιλές αποκεντρωμένο νόμισμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

To Bitcoin

2.1 Οι απαρχές του

- Κεφαλαιοποίηση : 428,9 δις €
- Κυκλοφοριακή προσφορά : 21 εκατομμύρια BTC νομίσματα
- Αξία σε ευρώ : 1 BTC = 22.606,17€

Η αρχή έγινε το 2008, όπου σε ένα whitepaper ο Satoshi Nakamoto αποτύπωσε την πρόταση του: ένα ψηφιακό χρήμα που δεν θα διέποταν από μια κεντρική αρχή. Φυσικά, η ιδέα αυτή γεννήθηκε μέσω των προηγούμενων αποτυχημένων προσπαθειών δημιουργίας ηλεκτρονικού χρήματος. Αφού λοιπόν, ξεκίνησε την ιδέα του Bitcoin και την άφησε να κάνει τα πρώτα της βήματα στο διαδίκτυο, ο Satoshi εξαφανίστηκε, επιλέγοντας να μετατρέψει τον εαυτό του σε έναν θρύλο, καταφέροντας να διατηρήσει για πάντα την ανωνυμία του.

Λόγω της χρηματοοικονομικής ύφεσης το 2008, πολλοί ήταν οι άνθρωποι που απογοητεύτηκαν και εξαγριώθηκαν με τις κυβερνήσεις και το τραπεζικό σύστημα, επομένως ο σκοπός του Satoshi ήταν σαφής: να μην έχουν οι πολίτες ανάγκη τις τράπεζες.

Το Bitcoin ¹¹είναι το τέλειο χρήμα της οικονομίας του μέλλοντος και λειτουργεί με το παρακάτω τρόπο: Σε ένα ευρύ δίκτυο, γίνονται συναλλαγές, χωρίς να κρατούνται τα προσωπικά δεδομένα του κάθε χρήστη. Διασφαλίζεται με λίγα λόγια, η ανωνυμία τους. Επιπλέον, η είσοδος σε λογισμικά ανοικτού κώδικα είναι ελεύθερη, χωρίς περιορισμούς και το γεγονός αυτό, αποτελεί πλεονέκτημα καθώς δίνει την ευκαιρία στο χρήστη ενός smartphone ή tablet να αγοράσει και να πωλήσει το νόμισμα αυτό, χωρίς επιπρόσθετες προμήθειες. Είναι σημαντικό να γίνει μνεία στο ότι το Bitcoin δεν ελέγχεται από κάποια κρατική αρχή, επομένως αυτό το καθιστά ευέλικτο στις ποσότητες χρήματος που προσφέρει.

2.2 Τεχνολογία blockchain

Το Blockchain είναι ένα λογιστικό βιβλίο που καταγράφει όλες τις συναλλαγές που γίνονται σε συγκεκριμένη σειρά, θωρακίζοντας την κρυπτογράφηση τους. Σχεδόν όλα τα κρυπτονομίσματα βασίζονται σε αυτή την τεχνολογία. Εκτός λοιπόν ότι εξασφαλίζει ασφάλεια μέσω της επιστήμης

¹¹ All Cryptocurrencies | CoinMarketCap. (n.d.). CoinMarketCap

της κρυπτογράφησης η καινοτομία του έγκειται στο γεγονός ότι τα δεδομένα του μοιράζονται σε πολλά αντίγραφα , σε όλο τον κόσμο.

Στην ουσία, το Blockchain είναι ένας καταγραφείας πληροφοριών σε ένα ευρύ δίκτυο υπολογιστών. Τα αρχεία είναι τα λεγόμενα blocks. Κάθε νέο block έχει μια χρονική σήμανση και συνδέεται με ένα προηγούμενο block. Έτσι έχουμε μια χρονολογική σειρά. Κάθε block περιλαμβάνει:

- *Πληροφορίες της συναλλαγής*
- *Μοναδικό αριθμό αναγνωριστικού*
- *Μοναδικό αριθμό του προηγούμενου block*

Με τον τρόπο αυτό, χτίζεται μια αλυσίδα. Σε κάθε block γνωρίζουμε ποιο ήταν τα προηγούμενο του. Το μεγάλο πλεονέκτημα της τεχνολογίας Blockchain είναι η ίδια η διάταξη της. Συνεχώς καταχωρούνται δεδομένα και το ένα συνδέεται με το άλλο. Η επαλήθευση γίνεται από τους χρήστες με την ενημέρωση του μητρώου τους. Αν κάποιος είναι ήδη χρήστης η βάση δεδομένων είναι εξίσου έγκυρη σε κάθε υπολογιστή. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των κόμβων που δημιουργούνται τόσο αυξάνεται ο βαθμός εμπιστοσύνης.

2.3 Τεχνολογία συναλλαγών Bitcoin

- **KOMBOI (NODES):** Όλα τα πορτοφόλια που έχουν το Blockchain είναι ένας κόμβος (node). Αυτό δεν είναι τίποτα λιγότερο από ένα πρωτόκολλο που επιτρέπει στους χρήστες να επικοινωνούν και να διαμοιράζονται τα blocks τους. Η διαδικασία επιτυγχάνεται από έναν κοινό υπολογιστή. Τα nodes λειτουργούν ως μέσα ελέγχου και πιστοποίησης των συναλλαγών , σε παγκόσμια κλίμακα. Κάθε συναλλαγή αντιπαραβάλλεται με το αρχείο οποιουδήποτε χρήστη και έτσι διαπιστώνεται αν όντως έχει στη κατοχή του Bitcoins. Αν κάποιος προσπαθεί να «ξεγελάσει» τους κόμβους, όχι μόνο απορρίπτεται η συναλλαγή αλλά ο παραβάτης εξαιρείται από οποιαδήποτε διαδικασία. Τα nodes επίσης, εποπτεύουν κατά πόσο ορθά είναι τα blocks παράγονται από τους εξορύκτες.

- **ΕΞΟΡΥΚΤΕΣ (MINERS):** Για την δημιουργία των Bitcoins απαιτούνται εγκαταστάσεις επιπέδου βιομηχανίας με εξειδικευμένο προσωπικό. Οι εξορύκτες λαμβάνουν όλες τις συναλλαγές, τις διαιρούν σε blocks , τις «πετούν» σε ένα καλάθι (mempool) και τις επεξεργάζονται στο Blockchain. Κάθε προσθήκη ενός νέου block, είναι και μια νέα εξόρυξη. Στην ουσία, οι miners έχουν την ικανότητα να λύνουν δύσκολους μαθηματικούς γρίφους. Από το καλάθι (mempool), οι εξορύκτες πρώτα επιλέγουν τις ακριβότερες από ένα σύνολο περίπου 2000 συναλλαγών του εκάστοτε block. Επιπροσθέτως, οι miners έχουν διπλό κέρδος από αυτή την διαδικασία. Δηλαδή, πέρα από τα νέα Bitcoins που δημιουργούνται σε κάθε νέο block, λαμβάνουν και την προμήθεια απ'όλες τις συναλλαγές που γίνονται στα υφιστάμενα blocks.
- **MININGPOOLS:** Υπάρχουν συντονιστές που συντελούν στην συνεργασία μεταξύ των miners καθώς αν η υπολογιστική τους δύναμη συνδυαστεί , οι πιθανότητες λύσης του αλγορίθμου είναι μεγαλύτερες και σαφώς θα υπάρχει παράλληλα μεγιστοποίηση των κερδών. Επιπλέον, το ίδιο το Bitcoin είναι σχεδιασμένο να κάνει τη διαδικασία δύσκολη για να μην αυξάνεται ανεξέλεγκτα .

2.4 Συναλλαγές Bitcoin

Μια αρχή που διέπει τα Bitcoins είναι η διαφάνεια, αφού κάθε συναλλαγή καταγράφεται στο Blockchain και έτσι δεν απαιτείται η εγγύηση κανενός τραπεζικού ιδρύματος. Δεν υπάρχουν μεσάζοντες, η μόνη έγκριση δίνεται από τους miners. Συνολικά , μια συναλλαγή εξετάζεται τρεις φορές: μια φορά στους κόμβους (nodes) , έπειτα στους εξορύκτες (miners) και τέλος στο δίκτυο όπου τα blocks προστίθενται στο Blockchain.

Υπάρχουν ποικίλοι τρόποι να αγοράσει κάποιος Bitcoins, παρακάτω παρατίθενται οι πιο συνηθεις :

- **Αγορά Bitcoins με μετρητά:** Υπάρχει η δυνατότητα κάποιος να αγοράσει Bitcoins μέσω μετρητών στην ιστοσελίδα του LocalBitcoins , αναγράφοντας απλά την περιοχή του για να ελέγξει την διαθεσιμότητα πωλητών. Αν δεν υπάρχει διαθεσιμότητα, ο χρήστης μπορεί να συμπληρώσει την φόρμα εκδήλωσης ενδιαφέροντος για αγορά Bitcoins. Για να γίνει η συναλλαγή , θα πρέπει να υπάρχει ένα διαδικτυακό πορτοφόλι

μέσω εφαρμογής σε ένα smartphone για να μπορεί να υπάρχει η επιβεβαίωση καταβολής των Bitcoins από τον πωλητή. Στη συνέχεια, με μια διαζώσης συνάντηση με τον πωλητή, εκείνος σαρώνει τον κωδικό QR του πορτοφολιού και στέλνει τα Bitcoins στον αγοραστή, ο οποίος με τη σειρά του, καταβάλει τα μετρητά. Είναι εφικτό να αγοραστούν Bitcoins με κατάθεση μετρητών σε τραπεζικό λογαριασμό ή ακόμη και με την χρήση δωροκάρτας. Επιπλέον, αγορά μπορεί να γίνει και μέσω ηλεκτρονικής πληρωμής (WesternUnion, Skrill). Φυσικά, υπάρχουν και τα BitcoinATMS αν και δεν υπάρχουν πολλά και πρέπει να γίνει πρώτα ένας έλεγχος διαθεσιμότητας μέσω του coinmap.org. Κάποια ATM δέχονται μόνο παραστατικά χρήματα και δίνουν Bitcoins, ενώ άλλα μπορεί να δέχονται και τους δύο τρόπους με μεγαλύτερη όμως προμήθεια συναλλαγής.

- **Αγορά Bitcoins με πιστωτική κάρτα:** Ο πιο γρήγορος και αποτελεσματικός τρόπος αγοράς. Ωστόσο, στην περίπτωση αυτή δεν διατηρείται η ανωνυμία του αγοραστή αφού ο Bitcoin λογαριασμός του συσχετίζεται με την ταυτότητα του. Οι περισσότεροι ιστότοποι απαιτούν την επιβεβαίωση στοιχείων μέσω την αποστολής του εγγράφου ταυτότητας, του αντίγραφου τραπεζικού λογαριασμού καθώς και του αποδεικτικού διεύθυνσης. Τα έξοδα των συναλλαγών ποικίλουν, αναλόγως του πωλητή. Μπορεί να είναι μηδενικά ως ένα ποσό και έως 1% για μεγαλύτερα.
- **Αγορά Bitcoins με PayPal:** Ελάχιστοι είναι οι πωλητές που δέχονται να πληρωθούν μέσω PayPal, ενώ αν αυτό πραγματοποιηθεί, για την διευκόλυνση του πελάτη τότε χρεώνουν παραπάνω την συναλλαγή. Το πρόβλημα έγκειται στο γεγονός ότι οι λογαριασμοί PayPal είναι ευάλωτοι στους ψηφιακούς κινδύνους, εξαιτίας κυρίως των επισφαλών κωδικών πρόσβασης των χρηστών. Αν κάποιος αγοράσει Bitcoins με λογαριασμό που έχει δεχτεί hacking, τότε ο πωλητής που έστειλε νόμιμα τα νομίσματα δεν είναι ασφαλής πως θα μπορεί να τα λάβει πίσω. Βεβαίως, αυτό δεν είναι αποτρεπτικό να αγοράσει κάποιος Bitcoins μέσω PayPal, απλά οφείλει να είναι πιο προσεκτικός.
- **Αγορά Bitcoins με δωροεπιταγές:** Η συγκεκριμένη δυνατότητα δίνεται στο LocalBitcoins αλλά και στο Cardforcoin.com. Επιτρέπουν με λίγα λόγια στους χρήστες την αγοραπωλησία δωροεπιταγών διαφόρων μεγάλων καταστημάτων με Bitcoins. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να δοθεί προσοχή στην φερεγγυότητα της

συνεργαζόμενης εταιρείας καθώς επίσης να γίνει ενδελεχής έλεγχος των υπηρεσιών που προσφέρονται.

- **Αγορά Bitcoins μέσω της καινοτομίας του *Purse.io*:** Μέσω του *Purse.io* παρέχεται στους χρήστες του Bitcoin έκπτωση της τάξης του 5% στις αγορές αγαθών από το Amazon, όταν η συναλλαγή πραγματοποιείται σε Bitcoin. Βέβαια, η διαδικασία αυτή παρουσιάζει το πρόβλημα ότι υπάρχουν και εκείνοι που θέλουν να βάλουν τις πιστωτικές τους κάρτες, τις δωροεπιταγές τους ή τους λογαριασμούς PayPal στο Bitcoin. Ένας χρήστης του *Purse.io* δίνει την παραγγελία του στο Amazon για ένα αγαθό που θέλει να αγοράσει και ένας άλλος που θέλει Bitcoins και δεν τον ενδιαφέρει αν θα επωμιστεί τα έξοδα, θα το πληρώσει και θα το στείλει στη διεύθυνση Bitcoin του χρήστη. Η *Purse* κρατά τα νομίσματα ως εγγύηση μέχρι να ολοκληρωθεί η συναλλαγή. Αυτή η υπηρεσία εκτός από καινοτόμα αποτελεί και έναν από τους καλύτερους τρόπους για να γλιτώνουν χρήματα οι υφιστάμενοι χρήστες του Bitcoin.

2.5 Πώληση αγαθών με Bitcoins

Η πώληση αγαθών και υπηρεσιών με αντάλλαγμα Bitcoin αποτελεί έναν τρόπο να αποκτήσει κάποιος νομίσματα ευκολότερα. Ο μεγαλύτερος ιστότοπος πλειστηριασμών είναι το CryptoThrift. Ακολουθεί παρόμοιο σχεδιασμό με το eBay και προσφέρει ένα μήνα εγγύηση σε όλες τις πωλήσεις. Ωστόσο το 2014, ακύρωσε την προσφορά εγγύησης για λίγο διάστημα καθώς αντιμετώπιζε συστημικά προβλήματα. Για τους πωλητές αυτό σημαίνει πως τα χρήματα τους μπορούν να δεσμευτούν ως και ένα μήνα, αλλά η πραγματικότητα είναι πως είναι στην αποκλειστική ευχέρεια των αγοραστών αν θα αποδεσμευτούν νωρίτερα. Η Glyde είναι μια άλλη αγορά η οποία όμως βασίζεται σε σταθερές τιμές. Επικεντρώνεται στην αγορά προϊόντων τεχνολογίας και παρέχει ασφάλεια μεταφοράς και συσκευασίας. Επιτρέπει την αγορά μέσω τραπεζικών καταθέσεων, επιταγών και Bitcoins.

Επιπλέον, η αποδοχή Bitcoin για κάποιον επιχειρηματία είναι εύκολη και δίνει την ευκαιρία στη επιχείρηση του να ανοιχθεί και σε μία νέα αγορά καταναλωτών που είναι πρόθυμοι να ξοδέψουν τα χρήματα τους σε μια επιχείρηση που αποδέχεται την μέθοδο πληρωμής της αρεσκείας τους. Ωστόσο δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που κάποιες εταιρείες δεν είναι ευχαριστημένες με τις πωλήσεις σε Bitcoins, αλλά αυτό δεν θα πρέπει να πτοεί κάποια άλλη

εταιρεία να το θέσει στους τρόπους πληρωμής της. Άλλωστε είναι κάτι το οποίο δεν είναι κοστοβόρο σε καμία περίπτωση.

2.6 Το Bitcoin ως αμοιβή εργασίας

Η αμοιβή της εργασίας με Bitcoins αποτελεί μια αρκετά βολική επιλογή ειδικά για κάποιον που δραστηριοποιείται επαγγελματικά στο διαδίκτυο. Όσες ενέργειες μπορούν να πραγματοποιηθούν μέσω αυτού, μπορούν να πληρωθούν σε Bitcoins και έτσι η αγορά εργασίας αναπτύσσεται και μπαίνει σε μια νέα τροχιά. Το 2014, ξεκίνησαν οι επιχειρηματικές επενδύσεις 301 εκατομμυρίων δολαρίων σε Bitcoins. Η εργασία για μια εταιρεία που συνεργάζεται με το δίκτυο του Bitcoin είναι ένας σίγουρος τρόπος για σταθερή εισροή και το άνοιγμα σε ένα εύκολο και ελεύθερο επάγγελμα.

Το Coinality είναι ένας ιστότοπος ανακοινώσεων θέσεων εργασίας στο δίκτυο του Bitcoin. Οι πιο συνηθισμένες αγγελίες αφορούν αναζήτηση προγραμματιστών που θα συντελέσουν στην ανάπτυξη λογισμικών και εφαρμογών σε smartphones και υπολογιστές. Βεβαίως, αρκετές είναι οι θέσεις και για γραφίστες καθώς οι περισσότεροι ειδησεογραφικοί ιστότοποι για το Bitcoin αναζητούν συνεχώς νέους συνεργάτες. Δεν έχει σημασία αν είναι έμπειροι ή όχι, θα πρέπει να συγγράφουν δελεαστικά κείμενα και να λαμβάνουν θετικές κριτικές. Ωστόσο αυτό ενέχει τον κίνδυνο ότι ίσως να διαφημίζεται κάτι που μπορεί στη πραγματικότητα να μην είναι τόσο αξιόπιστο. Η εργασία στο δίκτυο του Bitcoin δεν περιορίζεται όμως σε αυτά τα επαγγέλματα που αναφέρθηκαν παραπάνω, αλλά, ήδη γίνονται απορροφήσεις σε θέσεις γενικών καθηκόντων και στελεχών marketing.

2.7 Ιστορικά στοιχεία

- Τον Ιανουάριο του 2009, σε μία περίοδο παγκόσμιας οικονομικής κρίσης, η θεωρία έγινε πράξη. Ο Satoshi ίδρυσε το πρώτο block με 50 Bitcoins. Η πρώτη συναλλαγή πραγματοποιήθηκε ανάμεσα στον Satoshi και στον HalFinney, έναν κρυπτογράφο - ακτιβιστή
- Η πρώτη αγορά του Bitcoin σε δολάρια πραγματοποιήθηκε τον Οκτώβριο του 2009. Οι χρήστες δυσανεστήθηκαν μιας και η τιμή του ήταν ανάλογη της δαπάνης ηλεκτρικού ρεύματος για την παραγωγή του καθώς δόθηκαν 5,02\$ για 5.050 BTC.

- Τον Μάρτιο του 2010 , ιδρύθηκε το πρώτο ηλεκτρονικό ανταλλακτήριο, το Bitcoin Market. Για αρκετό καιρό, δεν ήταν εφικτό να αγοράσει κανείς κάποιο αγαθό με Bitcoin. Η αρχή έγινε όμως όταν αγοράσθηκαν το Μάιο του 2010 , 2 πίτσες με 10000 BTC που ισοδυναμούσε με 28 \$.
- Τον Ιούλιο του 2010, δημιουργήθηκε το ανταλλακτήριο Mt. Gox που πλέον δεν υφίσταται αφού το 2014 έπεσε θύμα hacking.
- Τον Μάρτιο του 2011, γίνεται η πρώτη ανταλλαγή Bitcoin με την Βρετανική στερλίνα.
- Το Bitcoin ξεπέρασε την τιμή της μιας ουγκιάς ασημιού , με την κεφαλαιοποίηση του στο 1 δις \$ τον Φεβρουάριο του 2013, ενώ το ίδιο έτος, το πρώτο ATM για Bitcoins ήταν γεγονός.
- Σημαντικό έτος το 2017, με την χρηματιστηριακή του αξία να ακολουθεί ανοδική πορεία. Ταυτόχρονα, το πρώτο συμβόλαιο σε Bitcoin πραγματοποιείται από τον όμιλο CME.

2.8 Χαρακτηριστικά Bitcoin

Τα χαρακτηριστικά που ακολουθεί το Bitcoin είναι τα παρακάτω:

- Σε αντίθεση με τα κοινά νομίσματα, το Bitcoin είναι συνάμα και δίκτυο πληρωμών. Αυτό σημαίνει ότι με το Bitcoin ο ένας στέλνει στον άλλον γρήγορα και ανώνυμα χωρίς την έγκριση της τράπεζας.
- Το Bitcoin είναι ένα νόμισμα γιατί βασίζεται στην επιστήμη της κρυπτογράφησης και έτσι χαρακτηρίζεται από ένα πράγμα, ασφάλεια. Είναι αδύνατον έως ακατόρθωτο να παραβιάσει κάποιος έναν ψηφιακό λογαριασμό .
- Όπως και τα υπόλοιπα κρυπτονομίσματα , είναι δύσκολο να αντιγραφεί. Αυτό επιτυγχάνεται κυρίως μέσω του Blockchain καθώς η τεχνολογία του μπορεί να εμποδίζει τους χρήστες να χρησιμοποιήσουν το ίδιο αρχείο ξανά.
- Στο Bitcoin η νομισματική πολιτική είναι γνωστή εκ των προτέρων. Είναι προαποφασισμένη με ακρίβεια και σε βάθος δεκαετιών.
- Αν και είναι ψηφιακό, είναι κοστοβόρο. Περιέχει εγγενή αξία όπως ο χρυσός.
- Το Bitcoin κυκλοφορεί εκτός τραπεζικού συστήματος, δεν φορολογείται και δεν κινδυνεύει από τον πληθωρισμό.

2.9 Swot¹² analysis Bitcoin

Πίνακας 2.9.1

Δυνατά σημεία (Strengths)	<ul style="list-style-type: none">• Ασφάλεια συναλλαγών και διατήρηση της ανωνυμίας• Μεγάλη κεφαλαιοποίηση, είναι ο ηγέτης στην αγορά των κρυπτονομισμάτων• Αποφυγή πλήθωρισμού
Αδύνατα σημεία (Weaknesses)	<ul style="list-style-type: none">• Απαιτούνται εξειδικευμένες γνώσεις για τη χρήση του• Ελλιπής ενημέρωση των ανθρώπων σχετικά με το Bitcoin• Υψηλό κόστος παραγωγής
Ευκαιρίες (Opportunities)	<ul style="list-style-type: none">• Ανάπτυξη νομίσματος• Κατάργηση μεσολαβητών• Δημιουργία υπεραξίας
Απειλές (Threats)	<ul style="list-style-type: none">• Μεγάλος ανταγωνισμός• Αβεβαιότητα μελλοντικής ανάπτυξης• Περιορισμός ή απαγόρευση της χρήσης του σε ορισμένα κράτη

¹² Blockchain and CryptoAsset (K) Ltd. & Blockchain and CryptoAsset (K) Ltd. Follow. (2018, March 18). *Bitcoin: A SWOT Analysis*.

2.9.1 Δυνατά σημεία (Strengths)

- Η Ασφάλεια του χρήστη και η προστασία των προσωπικών του δεδομένων. Μόνο ο ίδιος ο χρήστης έχει πρόσβαση στο διαδικτυακό πορτοφόλι του. Όλες οι κινήσεις πραγματοποιούνται αποκλειστικά και μόνο από αυτόν, έχοντας πλήρη έλεγχο των συναλλαγών. Οι πληρωμές με Bitcoin ¹³ μπορούν να διεξαχθούν χωρίς να συσχετίζονται προσωπικές πληροφορίες με την συναλλαγή. Οι χρήστες του Bitcoin μπορούν επίσης να προστατέψουν τα χρήματά τους με αντίγραφα ασφαλείας και κρυπτογράφηση.
- Ηγέτης στην αγορά των κρυπτονομισμάτων. Το Bitcoin έχει γνωρίσει τεράστια ανάπτυξη και γρήγορη διάδοση χάρη στα χαρακτηριστικά του. Είναι το πρώτο σε παγκόσμια κατάταξη κρυπτονόμισμα με κεφαλαιοποίηση περίπου 400 δις.
- Το Bitcoin κυρίως γιατί βασίζεται σε μια αποκεντρωμένη αρχή, δεν επηρεάζεται από την τάση του πληθωρισμού, όπως συμβαίνει με το κοινό χρήμα, προστατεύοντας και διατηρώντας την αξία του. Στηρίζεται σε ένα δίκτυο Peer to Peer, είναι ανεξάρτητο και δεν ελέγχεται από χρηματοπιστωτικά ιδρύματα.

2.9.2 Αδύνατα Σημεία (Weaknesses)

- Για να είναι κάποιος σε θέση να έχει μια αποδοτική επένδυση σε Bitcoin, απαιτείται σαφώς ένα υψηλό επίπεδο τεχνογνωσίας . Φυσικά, αυτό είναι αρκετά χρονοβόρο αφού πρέπει να υπάρχει διαρκής ενημέρωση πάνω στις εξελίξεις της τεχνολογίας , κάτι το οποίο είναι δύσκολο.
- Αν και το Bitcoin είναι σχεδόν πάνω από μια δεκαετία στην αγορά, υπάρχουν αρκετοί άνθρωποι που δεν το γνωρίζουν ή δεν το εμπιστεύονται . Λόγω της καινοτομίας του, και της σύγκρισης του με το παραδοσιακό χρήμα, διατηρείται μια επιφύλαξη όσον αφορά την συμμετοχή στο δίκτυο των χρηστών του bitcoin.
- Η δημιουργία των Bitcoins σχετίζεται με τις ενεργειακές απαιτήσεις για την εξόρυξή τους. Καθώς η ζήτηση για αυξάνεται έχουν αυξηθεί κατακόρυφα και οι απαιτήσεις ως προς την υπολογιστική ισχύ. Μαζί τους ανέβηκαν κατακόρυφα και οι ενεργειακές απαιτήσεις,

¹³ Frankenfield, J. (2022, May 16). *Altcoin Explained: Pros and Cons, Types, and Future*. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/a/altcoin.asp>

καθώς υπολογίζεται πως μια μεμονωμένη συναλλαγή Bitcoin απαιτεί 1.544 kWh, ποσό ενέργειας που ισοδυναμεί με 53 ημέρες ισχύος για ένα μέσο νοικοκυριό στις ΗΠΑ.

2.9.3 Ευκαιρίες (Opportunities)

- Η εξέλιξη της τεχνολογίας , συντελεί στην ανάπτυξη του νομίσματος και αρκετοί οικονομολόγοι θεωρούν πως κάποια στιγμή, το Bitcoin θα γίνει αποδεκτό από τις κεντρικές τράπεζες αλλά και από τις κυβερνήσεις. Η τεχνολογία Blockchain ¹⁴ που βρίσκεται πίσω από την μεγάλη επιτυχία του Bitcoin θα συνεχίσει να επεκτείνεται και σε άλλους κλάδους εκτός από τα κρυπτονομίσματα, και αυτό συνεπάγεται ότι οι δαπάνες για τις υπηρεσίες Blockchain θα αυξάνονται ραγδαία κατά το πέρασ του χρόνου.
- Η κατάργηση των διαμεσολαβητών. Η τεχνολογία Blockchain βοηθά στην εξάλειψη των μεσαζόντων και των αμοιβών που πληρώνονται για την διενέργεια μιας συναλλαγής και αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τις χαμηλές προμήθειες.
- Η ύπαρξη επιχειρήσεων και ατόμων που έχουν κύριο σκοπό την κερδοφορία από το Bitcoin είναι δεδομένη, έτσι η δημιουργία υπεραξίας είναι σημαντική για αυτούς και ο λόγος είναι ότι οι κάτοχοι του νομίσματος έχουν σημαντικά κέρδη από την άνοδο της τιμής του. Το νόμισμα δεν υπόκειται σε φορολογία επειδή θεωρείται μέσω συναλλαγής και αυτόματα αυξάνονται αρκετά τα κέρδη από την πώληση του.

2.9.4 Απειλές (Threats)

- Μεγάλος ανταγωνισμός. Το Bitcoin, βασίζεται σε ανοιχτό κώδικα καθιστώντας εύκολη την αντιγραφή του άρα τελικά και την δημιουργία νέων κρυπτονομισμάτων με τα ίδια χαρακτηριστικά. Αυτό επιφέρει σύγχυση στον νέο χρήστη και ενισχύει τους φόβους του για τη σταθερότητα των τιμών εξαιτίας και του μεγάλου ανταγωνισμού των διαφόρων κρυπτονομισμάτων.

• ¹⁴ Frankenfield, J. (2022, May 16). *Altcoin Explained: Pros and Cons, Types, and Future*. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/a/altcoin.asp>

- Η αβεβαιότητα της μελλοντικής ανάπτυξης του Bitcoin είναι τεράστια, και γι' αυτό ευθύνεται η καινοτομία του νομίσματος. Οι χρήστες θα πρέπει να είναι καλά προετοιμασμένοι για το χειρότερο και το καλύτερο σενάριο, καθώς το Bitcoin είναι ένα σχεδόν άγνωστο νόμισμα χωρίς να μπορούμε να προβλέψουμε την μελλοντική τύχη του. Τα ρίσκα και οι κίνδυνοι είναι πάρα πολλοί.
- Το ρυθμιστικό πλαίσιο του Bitcoin είναι περίπλοκο. Μερικές χώρες απαγορεύουν ή περιορίζουν την χρήση του, και που σε άλλες η χρήση είναι νόμιμη και η οποιαδήποτε κερδοφορία από τα κρυπτονομίσματα φορολογείται.

2.10 Πώς αντιμετωπίζουν οι Έλληνες χρηματιστές το Bitcoin

Το bitcoin έχει γίνει θέμα συζήτησης στους επενδυτικούς και χρηματιστηριακούς κύκλους¹⁵. Σε γενικές γραμμές υπάρχει μια επιφύλαξη από την μεριά των Ελλήνων χρηματιστών όσο αφορά τις επενδύσεις σε Bitcoin. Δεν θεωρούν πώς το κρυπτονόμισμα αυτό δημιουργεί αξία για τους κατόχους του αφού η προέλευση της παραμένει άγνωστη, και εξηγούν ότι τα κρυπτονομίσματα δεν έχουν μια πραγματική υποκείμενη αξία που δικαιολογεί την τιμολόγησή τους στα σημερινά επίπεδα. Το χαρακτηρίζουν σαν «άδειο ποτήρι που αλλάζει συνέχεια χέρια γύρω από ένα τραπέζι και η αξία του εκτοξεύεται -παρότι είναι κενό- αφού ο καθένας το αγοράζει πιο ακριβά από τον διπλανό του».

Αρκετοί είναι λοιπόν οι χρηματιστές που θεωρούν πως το Bitcoin αποτελεί την πρώτη προσπάθεια παράκαμψης του τραπεζικού συστήματος με ένα ηλεκτρονικό ανταλλακτικό μέσο, ωστόσο, η υποκείμενη αξία του νομίσματος δεν έχει κάποια ενσώματη κάλυψη που να έχει την δυνατότητα να αποδώσει με τρόπο ένα είδος αντικειμενικής αποτίμησης στην θεωρητική αξία του νομίσματος. Επίσης, τονίζουν ότι δεν είναι εγγυημένο από κάποιο οργανισμό ή φορέα γεγονός που θα του έδινε καθολικές ανταλλακτικές ιδιότητες σε σχέση με τα υπόλοιπα νομίσματα που βρίσκονται σε κυκλοφορία.

¹⁵ Αγγελέτου, Β. (2021, April 3). Πώς «βλέπουν» το Bitcoin οι Έλληνες χρηματιστές. Insider. <https://www.insider.gr/tax-labour/70113/pos-blepoyn-bitcoin-oi-ellines-hrimatistes>

2.11 Bitcoin και κορονοϊός

Το 2020 υπήρξε ένα έτος οικονομικής αβεβαιότητας και ανασφάλειας ενώ παράλληλα, οι χρηματοπιστωτικές αγορές σε παγκόσμιο επίπεδο κατέρρευσαν αφού λόγω της πανδημίας του Covid-19, ένα μεγάλο μέρος των συναλλαγών τέθηκε σε παύση. Στον αντίποδα, το 2020 ήταν η χρονιά που τα κρυπτονομίσματα αναπτύχθηκαν ραγδαία, καθώς ένας εξαιρετικά μεγάλος αριθμός νέων επενδυτών επέλεξε το κρυπτονόμισμα ως μια κερδοφόρα εναλλακτική επένδυση. Το bitcoin θεωρήθηκε από μια μερίδα πολιτών, μια καλή επενδυτική ευκαιρία αυτούς τους δύσκολους καιρούς της κρίσης.

Στην περίοδο της πανδημίας, εκδήλωσαν ενδιαφέρον για επένδυση στο Bitcoin ακόμη και πολίτες που δεν είχαν ιδιαίτερη σχέση με τέτοιου είδους πρακτικές. Έτσι η απήχηση όλων των κρυπτονομισμάτων ήταν μεγάλη. Βέβαια, η έλλειψη γνώσεων και η αδυναμία κατανόησης της λειτουργίας τους είναι ένα βασικό εμπόδιο.

2.12 Ανταγωνιστικά κρυπτονομίσματα

Λόγω της μεγάλης απήχησης που γνώρισε το Bitcoin ήταν αναμενόμενο να δημιουργηθούν και νέα ανταγωνιστικά κρυπτονομίσματα, ίσως και πιο βελτιωμένα. Τα επίσης δημοφιλή στους χρήστες κρυπτονομισμάτων είναι τα παρακάτω:

- **Ethereum:** Δημιουργήθηκε το 2015 από τον Vitalik Buterik¹⁶. Οι χρήστες μπορούν να ανταλλάσσουν χρήματα χωρίς να χρειάζονται έναν κεντρικό ενδιάμεσο, όπως μια τράπεζα, και η έλλειψη κεντρικής τράπεζας σημαίνει ότι το νόμισμα είναι σχεδόν αυτόνομο. Επίσης αποτελεί μια μορφή κρυπτονομίσματος που χρησιμοποιεί την τεχνολογία του Blockchain, η οποία όμως διαθέτει πολύ ευρύτερες χρήσεις, επιτρέποντας την ανέγερση άλλων αποκεντρωμένων εφαρμογών πάνω σε αυτό, όπως οι έξυπνες συμβάσεις. Τα έξυπνα

¹⁶ *Ethereum (ETH) τιμή, διαγράμματα, κεφαλαιοποίηση αγοράς και άλλα στατιστικά* / CoinMarketCap. (n.d.). CoinMarketCap.

συμβόλαια είναι ένα είδος εφαρμογών που δεν χρίζουν άδειας και εκτελούνται αυτόματα όταν πληρούνται οι όροι της σύμβασης. Κατέχει την δεύτερη θέση με κεφαλαιοποίηση περίπου στα 202 δις €.

- **Litecoin:** Δημιουργός του ήταν ο Charlie Lee. Αν το Bitcoin είναι ο χρυσός, τότε το Litecoin είναι το ασήμι. Είναι ένα κρυπτονόμισμα που σχεδιάστηκε με βάση το πρωτόκολλο του Bitcoin και δίνει γρήγορες, ασφαλείς και χαμηλού κόστους επενδύσεις αξιοποιώντας την τεχνολογία blockchain. Διαφέρει με το Bitcoin όσον αφορά τον αλγόριθμο κατακερματισμού που χρησιμοποιείται και στο ανώτατο όριο συναλλαγών. Το Litecoin έχει διάρκεια δημιουργίας ενός block μόλις 2,5 λεπτά καθιστώντας το εξαιρετικά γρήγορο και διαθέτει χαμηλά τέλη συναλλαγής, καθιστώντας το κατάλληλο για μικροσυναλλαγές.
- **Dogecoin:** Προέρχεται από το Litecoin και δημιουργήθηκε ως ανέκδοτο το 2013. Σαν σύμβολό του έχει έναν σκύλο ράτσας «Shiba Inu»,¹⁷ Κυκλοφόρησαν στην αγορά συνολικά 100 δισεκατομμύρια τέτοια νομίσματα μέχρι το τέλος του 2014. Στην συνέχεια θα παράγονται 5,2 δισεκατομμύρια κάθε χρόνο. Παρ' όλο που σήμερα υπάρχουν λίγες εμπορικές εφαρμογές για το συγκεκριμένο νόμισμα, διαρκώς κερδίζει έδαφος επειδή πολλοί χρήστες μέσω κοινωνικής δικτύωσης δίνουν φιλοδωρήματα ο ένας στον άλλο με Doge coin.
- **NuBits:** Το NuBits γεννήθηκε για να συγκρατεί την τιμή του Bitcoin. Κοστίζει ένα δολάριο. Δίνει την δυνατότητα στους χρήστες να εισέλθουν στο σύστημα των κρυπτονομισμάτων χωρίς να διακινδυνεύσουν την απώλεια των επενδύσεών τους.
- **Next:** Όπως και το Bitcoin, το Next έχει ανώνυμο δημιουργό. Διαθέτει μια από τις πιο ενεργές κοινότητες προγραμματιστών και μια αποκεντρωμένη αγορά ψηφιακών αγαθών, που δίνει την δυνατότητα αφενός για την εύκολη δημιουργία ασφαλών νομισμάτων και αφετέρου για την πλήρη διασφάλιση των προσωπικών δεδομένων των χρηστών.
- **Ripple:** Το Ripple τεχνικά προϋπήρχε του Bitcoin. Δημιουργήθηκε το 2004. Σε αρχικό στάδιο υπήρξε ένας επεξεργαστής πληρωμών, όπως το PayPal. Δημιουργήθηκε από τον Jed McCaleb και τον Chris Larsen. Σε αντίθεση με το Bitcoin, δεν βασίζεται στην μέθοδο της εξόρυξης για την επαλήθευση των συναλλαγών. Διαθέτει αποκλειστικά δικό του

¹⁷ Wikimedia. (2022, May 21). *Dogecoin*. Βικιπαίδεια.

προσαρμοσμένο αλγόριθμο, με τον οποίο επιτυγχάνει τις πληρωμές, τον Ripple Protocol Consensus Algorithm (RPCA).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Χρονολογικές Σειρές

3.1 Στάσιμες και μη χρονολογικές σειρές

3.1.1 Βασικές έννοιες

Ο όρος *χρονολογική σειρά* (*timeseries*) περιγράφει μια σειρά τιμών που μια μεταβλητή μπορεί να πάρει δε διαδοχικές χρονικές στιγμές ή περιόδους. Στην περίπτωση όπου η μεταβλητή αυτή παίρνει τιμές σε κάθε χρονική στιγμή τότε αυτή θα ορίζεται ως μια συνεχής μεταβλητή στον

χρόνο. Αν πάλι, παίρνει τιμές σε ορισμένες χρονικές στιγμές, τότε αυτή θα ορίζεται σαν διακριτή ή ασυνεχής ως προς τον χρόνο.

Στη παρούσα εργασία, θα μας απασχολήσουν μόνο οι περιπτώσεις των διακριτών χρονολογικών σειρών των οποίων οι παρατηρήσεις καταγράφονται σε σταθερά και ίσα χρονικά διαστήματα. Μια τέτοια χρονολογική σειρά (μια μεταβλητή ως προς τον χρόνο) συμβολικά αποδίδεται ως X_t , όπου ο δείκτης t αναφέρεται στη χρονική περίοδο λήψης της παρατήρησης (ώρα, ημέρα, μήνα κλπ.). Έτσι, ως δείγμα της σειράς αυτής θα θεωρείται η ακολουθία n στο πλήθος παρατηρήσεων: X_1, X_2, \dots, X_n ή διαφορετικά $\{X_t\}, t = 1, 2, \dots, n$.

Όπως θα δούμε και στη συνέχεια, προκειμένου να μελετηθεί μια μεταβλητή στο χρόνο απαιτείται ένας επαρκής αριθμός παρατηρήσεων, με συγκεκριμένη συχνότητα στον χρόνο. Η συλλογή των παρατηρήσεων αυτών (ή δεδομένων) αφορά μετρήσεις που γίνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα και συγκεντρώνονται από στατιστικές και άλλες υπηρεσίες. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η χρονική διάταξη των τιμών μιας χρονολογικής σειράς είναι βασική, και είναι ο λόγος για τον οποίο απαιτούνται ειδικές μέθοδοι για την ανάλυση τους¹⁸.

Βασικό χαρακτηριστικό κάθε χρονολογικής σειράς είναι η συσχέτιση που παρατηρείται μεταξύ των διαδοχικών τιμών της. Ο βαθμός και η φύση της αλληλεξάρτησης αυτής αποτελεί αντικείμενο μελέτης και ανάλυσης του κλάδου των χρονολογικών σειρών. Οι μεθοδολογίες που εφαρμόζονται στηρίζονται στην κλασική στατιστική θεωρία, αλλά έχουν αναπτυχθεί και ειδικές τεχνικές προσαρμοσμένες στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε χρονολογικής σειράς όπως είναι η ειδική περίπτωση των αποδόσεων (returns) που θα μελετήσουμε στη συνέχεια.

Θα μπορούσαμε να διακρίνουμε δυο ξεχωριστά αλλά και συνάμα συμπληρωματικά στάδια ανάλυσης των χρονολογικών σειρών:

Στο πρώτο στάδιο εξετάζονται περιγραφικά τα διαθέσιμα δεδομένα ώστε να προσδιοριστούν τα βασικά χαρακτηριστικά που διέπουν τη συμπεριφορά της χρονολογικής σειράς στο χρόνο.

Στο δεύτερο στάδιο η ανάλυση εξειδικεύεται περαιτέρω (στηριζόμενη σε κάποιο βαθμό, και στα συμπεράσματα από το πρώτο στάδιο) στοχεύοντας στη κατασκευή **υποδειγμάτων χρονολογικών σειρών (time-series models)**. Η διαδικασία κατασκευής τέτοιων υποδειγμάτων αποτελεί μια

¹⁸ Συριόπουλος Κ. και Φίλιππας Δ. (2010). *Οικονομετρικά υποδείγματα και εφαρμογές με το E-VIEWS*, Εκδόσεις ΑΝΙΚΟΥΛΑ

προσπάθεια αναπαραγωγής της στοχαστικής διαδικασίας που πιθανόν να δημιούργησε τις δεδομένες παρατηρήσεις και εκ των πραγμάτων αποτελεί και το δυσκολότερο κομμάτι αυτής της διαδικασίας. Η στοχαστικότητα στις χρονολογικές σειρές μπορεί να είναι τόσο πολύπλοκη, ώστε να απαιτούνται σύνθετα στατιστικά υποδείγματα, που δεν είναι εύκολο να αναλυθούν. Στην πράξη περιοριζόμαστε σε γραμμικές προσεγγίσεις που μπορούν ευκολότερα να εφαρμοστούν σε πραγματικά δεδομένα¹⁹.

Στα πλαίσια της περιγραφικής αποκρυπτογράφησης μιας χρονολογικής σειράς, εξετάζονται χαρακτηριστικά όπως είναι η ύπαρξη ή μη, **στασιμότητας**. Έτσι, αν τα βασικά μέτρα που αφορούν την μέση τιμή, την διακύμανση και την συνδιακύμανση μιας σειράς, δεν μεταβάλλονται διαχρονικά τότε θα λέμε ότι αυτή είναι στάσιμη (με την ασθενέστερη έννοια). Πιο συγκεκριμένα, μια χρονολογική σειρά θα είναι **ασθενώς στάσιμη** (weakly stationary) αν παραμένουν αμετάβλητα ο μέσος και η διακύμανσή της στον χρόνο ενώ η συνδιακύμανση μεταξύ των τιμών της σε δυο χρονικά σημεία εξαρτάται μόνο από την απόσταση ανάμεσα σ' αυτά τα χρονικά σημεία και όχι από τον ίδιο τον χρόνο. Αν προσπαθήσουμε αυτό να το αποτυπώσουμε μαθηματικά, αναφορικά με μια ασθενώς στάσιμη χρονολογικά X_t σειρά, θα έχουμε:

- $E(X_t) = \mu_x$ για κάθε t ,
- $V(X_t) = \sigma_x^2$ για κάθε t ,
- $\gamma_k = Cov(X_t, X_{t+k}) = Cov(X_{t+m}, X_{t+k+m})$ για κάθε t και $k, m \neq 0$

Όπου με μ_x συμβολίζουμε την σταθερή μέση τιμή μέσα στο χρόνο, με σ_x^2 την σταθερή διακύμανση και γ_k τη συνδιακύμανση ή αλλιώς την αυτό-συνδιακύμανση (auto covariance) μεταξύ οποιοδήποτε τιμών της X_t που απέχουν k χρονικές περιόδους.

Αντί της αυτό-συνδιακύμανσης, πιο χρήσιμος είναι ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ δυο παρατηρήσεων X_t και X_{t+k} που απέχουν k χρονικές περιόδους και ονομάζεται συντελεστής αυτοσυσχέτισης (autocorrelation coefficient) τάξεως k :

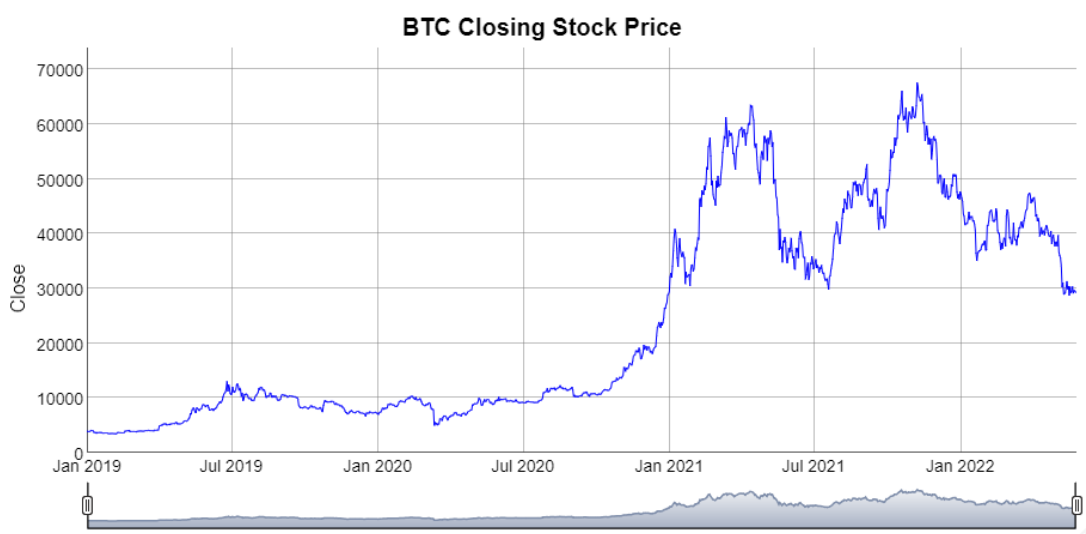
$$\rho_k = \frac{Cov(X_t, X_{t+k})}{\sqrt{V(X_t)}\sqrt{V(X_{t+k})}} \quad (3.1)$$

• ¹⁹ Ruey S. Tsay (2005). *Analysis of Financial Time Series, Second Edition Wiley Series in Probability and Statistics*

Μια άλλη εξίσου σημαντική συνάρτηση που χρησιμοποιείται στη μελέτη των χαρακτηριστικών μιας χρονολογικής σειράς είναι η συνάρτηση των συντελεστών μερικής αυτοσυσχέτισης. Θα γνωρίζουμε ότι ο *συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης (partial autocorrelation coefficient)* μεταξύ X_t και X_{t+k} ορίζεται ως ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ τους, όταν έχουν ληφθεί υπόψη οι συσχετίσεις όλων των ενδιάμεσων τιμών, ήτοι $X_{t+1}, X_{t+2}, \dots, X_{t+k-1}$.

Παρακάτω, δίνονται (Διαγράμματα 1 και 2) δυο παραδείγματα *μη στάσιμων* χρονολογικών σειρών όπως είναι οι τιμές κλεισίματος για τις περιπτώσεις των κρυπτονομισμάτων Bitcoin και Ethereum αντίστοιχα. Η διαγραμματική τους απεικόνιση μας βοηθά στο να αντιληφθούμε καλύτερα τι σημαίνει η διαχρονικά η έλλειψη σταθερότητας ως προς το μέσο, την διακύμανση και την συνδιακύμανση αυτών των σειρών. Τουλάχιστον ως προς τον μέσο (αλλά και την διακύμανση) μπορούμε να διακρίνουμε σαφέστατες διαφοροποιήσεις διαχρονικά, αν για παράδειγμα συγκρίνουμε τα στατιστικά μέτρα της σειράς μεταξύ 2019 – 2020 και 2021 – 2022.

Στις περιπτώσεις αυτές, των μη στάσιμων σειρών, είναι πολύ δύσκολο να προσαρμόσουμε κάποιο αλγεβρικό υπόδειγμα που να τις ερμηνεύει. Για το σκοπό αυτό, όπως θα δούμε και στη συνέχεια, θα μετασχηματίζουμε κατάλληλα τις μη στάσιμες χρονολογικές σειρές έτσι ώστε να εξασφαλίζουμε ισορροπία διαχρονικά γύρω από ένα σταθερό μέσο επίπεδο κάτι που θα μας επιτρέπει στη συνέχεια να αναλύσουμε τη διαδικασία μέσω ενός υποδείγματος με σταθερούς συντελεστές που εκτιμούνται βάσει των ιστορικών δεδομένων.



Διάγραμμα 3.1

Τιμές κλεισίματος BTC



Διάγραμμα 3.2

Τιμές κλεισίματος Ethereum

3.1.2 Χρονολογικές σειρές και προβλέψεις

Η μελέτη των χρονολογικών σειρών αποσκοπεί κατά κύριο λόγο στη διενέργεια προβλέψεων. Η πρόβλεψη των μελλοντικών τιμών μιας μεταβλητής μπορεί να γίνει με μεθόδους που διαφέρουν ως προς την πολυπλοκότητα, την ταχύτητα και το κόστος υπολογισμού τους, τη διαθεσιμότητα απαραίτητων δεδομένων και άλλων παραγόντων κατά περίπτωση. Αυτό που θα αναπτύξουμε στα επόμενα κεφάλαια θα αφορά την πρόβλεψη της μεταβλητότητας που παράγεται από τις αποδόσεις στην αγορά των κρυπτονομισμάτων.

Για τον σκοπό αυτό, θα εστιάσουμε στις μορφές υποδειγμάτων που είναι γνωστά ως μη αιτιατά υποδείγματα πρόβλεψης χρονολογικών σειρών (**non-causal models**). Σε αντίθεση με τα υποδείγματα παλινδρόμησης (**causal models**), η πρόβλεψη στηρίζεται αποκλειστικά και μόνο στις προηγούμενες τιμές της ίδιας χρονολογικής σειράς που επιθυμούμε να προβλέψουμε. Δηλαδή,

προβλέπουμε τη μελλοντική συμπεριφορά μιας χρονολογικής σειράς όχι ως συνάρτηση της εξέλιξης άλλων σειρών που τυχόν την επηρεάζουν (επεξηγηματικές ή αλλιώς ερμηνευτικές μεταβλητές), αλλά εξετάζοντας την προηγούμενη συμπεριφορά της, δηλαδή τις ιστορικές της τιμές.²⁰

Από τα υποδείγματα χρονολογικών σειρών που χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών, εμείς θα εστιάσουμε στα στοχαστικά υποδείγματα (stochastic models) όπως είναι αυτά των Box-Jenkins όπου ο τυχαίος παράγοντας αποτελεί το μηχανισμό μέσα από τον οποίο δημιουργείται η χρονολογική σειρά. Σχετικές λεπτομέρειες που θα αφορούν τα μοντέλα αυτού του είδους, θα ακολουθήσουν στις επόμενες ενότητες.

3.1.3 Η περίπτωση των στάσιμων στοχαστικών υποδειγμάτων ARMA

Υποθέτοντας ότι η χρονολογική σειρά που καλούμαστε να αναλύσουμε είναι στάσιμη, καταφεύγουμε σε υποδείγματα κατάλληλα που μπορούν να την αναπαράγουν ικανοποιητικά. Τέτοια μοντέλα ανήκουν στην κατηγορία των γραμμικών υποδειγμάτων, όπως είναι τα *αυτοπαλίνδρομα υποδείγματα κινήτων μέσων (ARMA models)*. Η ανάπτυξη των ARMA υποδειγμάτων στηρίζεται στην ιδέα της ισχυρής συσχέτισης που εμφανίζουν κάποιες σειρές ή διαφορετικά στην ισχυρή αυτοσυσχέτισης όπως ορίστηκε στην προηγούμενη ενότητα.

Η γενική μορφή ενός ARMA υποδείγματος είναι η εξής:

$$X_t = a_0 + a_1 \cdot X_{t-1} + \dots + a_p \cdot X_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \cdot \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \cdot \varepsilon_{t-q} \quad (3.2)$$

Όπου a_0 είναι η σταθερά της εξίσωσης, οι παράμετροι a_1, a_2, \dots, a_p είναι οι συντελεστές του *αυτοπαλίνδρομου (autoregressive, AR)* μέρους και $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ οι συντελεστές των *κινήτων μέσων (moving average, MA)*.

• ²⁰ Kumar AS, Anandarao S (2019). Volatility spillover in crypto-currency markets: Some evidences from GARCH and wavelet analysis. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. 524: 448-458

Όσον αφορά τα ε_t , αυτά αποτελούν μια διαδικασία λευκού θορύβου (white noise – ορολογία μάλλον μηχανική παρά στατιστική) που δεν είναι τίποτα περισσότερο από μια ασθενώς στάσιμη χρονολογική σειρά με μηδενικό μέσο και σταθερή διακύμανση διαχρονικά. Πιο συγκεκριμένα ισχύει:

- $E(\varepsilon_t) = \mu_\varepsilon = 0$ για κάθε t ,
- $V(\varepsilon) = \sigma_\varepsilon^2$ για κάθε t

Αντιλαμβανόμαστε επομένως ότι τα αυτοπαλίνδρομα υποδείγματα κινητών μέσων είναι επί της ουσίας υποδείγματα παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή την χρονολογική σειρά X_t και ερμηνευτικές μεταβλητές τις προηγούμενες τιμές της ίδιας σειράς (υστερήσεις p -τάξεως της X_t), καθώς και έναν αριθμό λαθών (υστερήσεις q -τάξεως της τυχαίας μεταβλητής ε_t). Για τον λόγο αυτό καλείται και **αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα κινητών μέσων τάξεως (p, q)** συμβολιζόμενο ως **ARMA(p, q)**.

Τέλος, τα υποδείγματα ARMA μπορεί να είναι μόνο αυτοπαλίνδρομης μορφής (AR) ή μόνο κινητών μέσων (MA) ή και τα δύο²¹.

3.1.4 Αυτοπαλίνδρομα υποδείγματα AR και κινητών μέσων MA

Θεωρούμε την χρονολογική σειρά X_t η οποία διαμορφώνεται ως εξής:

$$X_t = a_0 + a_1 \cdot X_{t-1} + \dots + a_p \cdot X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3.3)$$

όπου ε_t ο γνωστός λευκός θόρυβος και a_0 ο σταθερός όρος (ανεξάρτητος του χρόνου). Στη χρονολογική αυτή σειρά και με βάση τη δομή του μοντέλου, ο όρος X_t παλινδρομεί πάνω στους όρους της ίδιας σειράς (αυτοπαλινδρομεί), που παρουσιάζουν χρονική υστέρηση έως p χρονικές περιόδους. Ένα τέτοιο υπόδειγμα καλείται αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα τάξεως p (porder autoregressivemodel, AR(p)).

Αυτό γράφεται ως εξής:

$$X_t = a_0 + a_1 \cdot X_{t-1} + a_2 \cdot X_{t-2} \dots + a_p \cdot X_{t-p} + \varepsilon_t \quad \text{ή}$$

²¹ Συριόπουλος Κ. και Φίλιππας Δ. (2010). *Οικονομετρικά υποδείγματα και εφαρμογές με το E-VIEWS*, Εκδόσεις ANIKOYΛA

$$X_t = a_0 + a_1 \cdot B \cdot X_t + a_2 \cdot B^2 \cdot X_t + \dots + a_p \cdot B^p \cdot X_t + \varepsilon_t \text{ ή}$$

$$(1 - a_1 \cdot B - a_2 \cdot B^2 - \dots - a_p \cdot B^p) \cdot X_t = a_0 + \varepsilon_t \text{ ή}$$

$$\varphi_p(B) \cdot X_t = a_0 + \varepsilon_t \text{ (3.4),}$$

όπου $\varphi_p(B) = 1 - a_1 \cdot B - a_2 \cdot B^2 - \dots - a_p \cdot B^p$ το γραμμικό φίλτρο, ένα πολυώνυμο p βαθμού και B ο ανάδρομος τελετής για τον οποίον ισχύει $X_{t-j} = B^j \cdot X_t$.

Αποδεικνύεται ότι η αναγκαία και ικανή συνθήκη για να είναι η X_t (όπως ορίζεται από το παραπάνω υπόδειγμα) στάσιμη, είναι οι ρίζες του πολυώνυμου $\varphi_p(B)$ να βρίσκονται όλες εκτός μοναδιαίου κύκλου, τον κύκλο δηλαδή που βρίσκεται στο μιγαδικό επίπεδο, έχει κέντρο την αρχή των αξόνων και ακτίνα ίση προς τη μονάδα.

Ας θεωρήσουμε τώρα, ότι η χρονολογική σειρά X_t διαμορφώνεται ως ακολούθως:

$$X_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 \cdot \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \cdot \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_1 \cdot \varepsilon_{t-q} \text{ (3.5)}$$

όπου ε_t ο γνωστός λευκός θόρυβος και μ ο σταθερός όρος (ανεξάρτητος του χρόνου). Ένα τέτοιο υπόδειγμα καλείται υπόδειγμα κινητού μέσου q τάξης (q order moving average model, MA) ή όπως συντομογραφικά συμβολίζεται $MA(q)$. Αυτό γράφεται και ως εξής, σύμφωνα με τα όσα έχουμε αναπτύξει στη περίπτωση του $AR(p)$:

$$X_t = \mu + (1 - \theta_1 \cdot B - \theta_2 \cdot B^2 - \dots - \theta_p \cdot B^p) \cdot \varepsilon_t \text{ ή}$$

$$X_t = \mu + \theta_q(B) \cdot \varepsilon_t \text{ (3.6)}$$

όπου $\theta_q(B) = 1 - \theta_1 \cdot B - \theta_2 \cdot B^2 - \dots - \theta_p \cdot B^p$ είναι το γραμμικό φίλτρο και B ο ανάδρομος τελετής.

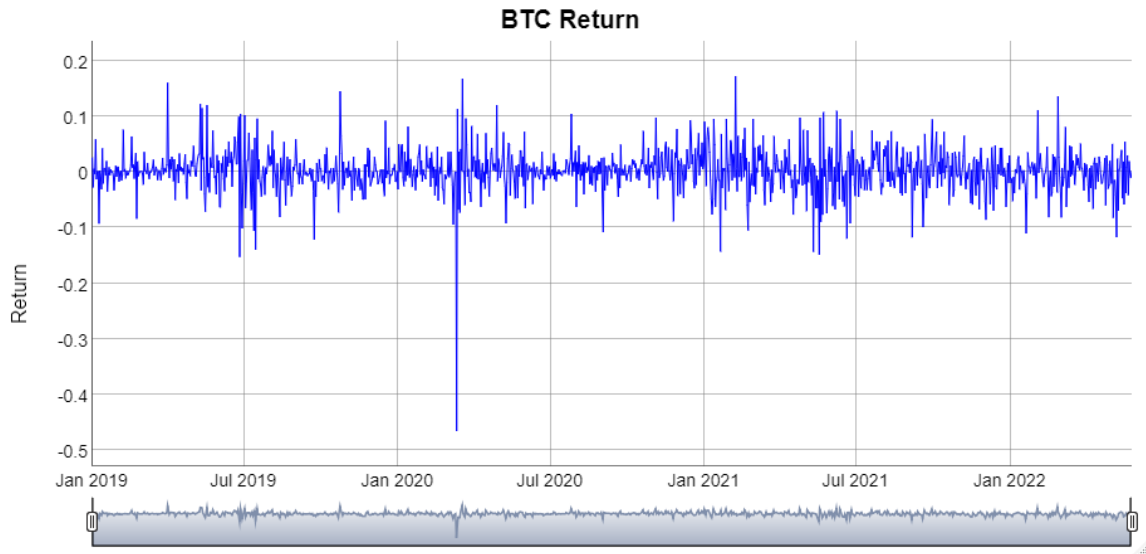
Από το γενικό αυτό υπόδειγμα προκύπτει ότι $E(X_t) = \mu$ για κάθε t (θυμίζουμε ότι $E(\varepsilon_t) = 0$ για κάθε t) που σημαίνει ότι το $MA(q)$ είναι πάντα στάσιμο. Αυτό θα πει ότι δεν υπάρχει το πρόβλημα της μη στασιμότητας που εντοπίζεται στο υπόδειγμα αυτοπαλινδρόμησης. Υπάρχει όμως το πρόβλημα της αντιστρεψιμότητας. Έτσι, ικανή και αναγκαία συνθήκη, για να είναι το

$MA(q)$ αντιστρέψιμο, είναι οι ρίζες του πολυώνυμου $\theta_q(B)$ να βρίσκονται όλες εκτός μοναδιαίου κύκλου, τον κύκλο δηλαδή που βρίσκεται στο μιγαδικό επίπεδο, έχει κέντρο την αρχή των αξόνων και ακτίνα ίση προς τη μονάδα.

3.1.5 Η περίπτωση των μη στάσιμων υποδειγμάτων

Μέχρι τώρα, οι περιπτώσεις των υποδειγμάτων που αντιμετωπίσαμε, αφορούσαν στάσιμες χρονολογικές σειρές. Ωστόσο, πολλές από τις παρατηρούμενες οικονομικές, χρηματοοικονομικές και άλλες σειρές είναι μη στάσιμες. Είδη, από τη πρώτη ενότητα του κεφαλαίου, κάναμε λόγο για τις σειρές αυτές τονίζοντας ότι τα βασικά τους χαρακτηριστικά η μεταβαλλόμενη μέση τιμή και διακύμανση μέσα στον χρόνο. Σε τέτοιες περιπτώσεις, όπως έχουμε ήδη πει, είναι πολύ δύσκολο να βρούμε και να προσαρμόσουμε κάποιο αλγεβρικό υπόδειγμα, ικανό να ερμηνεύει και να αποδίδει την χρονολογική σειρά, όσο το δυνατόν καλύτερα. Έτσι, προέκυψε η ανάγκη μετασχηματισμού των μη στάσιμων σειρών που θα μπορούν να τις μετατρέπουν σε στάσιμες για να μπορούν στην συνέχεια να ερμηνευτούν και προβλεφθούν.

Ένας τρόπος για να το πετύχουμε αυτό είναι και η λήψη διαφορών κατάλληλης τάξης, όπως μελετήθηκε από τους Box και Jenkins (1976). Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση όπου η στασιμότητα, τουλάχιστον ως προς τον μέσο, μπορεί να επιτευχθεί με τις πρώτες διαφορές. Έτσι, αν η χρονολογική σειρά X_t δεν είναι στάσιμη τότε αυτό αλλάζει αν πάρουμε προς μελέτη την $\Delta X_t = X_t - X_{t-1}$ η οποία είναι τουλάχιστον στάσιμη ως προς τον μέσο. Παρακάτω δίνουμε ένα παράδειγμα μιας χρονολογικής σειράς που έχει μετασχηματιστεί, παίρνοντας τις πρώτες διαφορές των λογαριθμοποιημένων τιμών κλεισίματος του Bitcoin (Διάγραμμα 3). Αυτός ο μετασχηματισμός επιστρέφει αυτό που μας είναι γνωστό ως αποδόσεις (returns) και αυτό είναι που απεικονίζεται παρακάτω. Θα παρατηρήσουμε ότι οι αποδόσεις κινούνται γύρω από το μηδέν διαχρονικά (σταθερός μέσος) χωρίς ωστόσο η διακύμανση να είναι σταθερή κάτι που θα αποτελέσει το εφιαλτήριο για χρήση μοντέλων που αποδίδουν αρκετά αποτελεσματικά τέτοιου είδους συμπεριφορές.



Διάγραμμα 3.1.1

Αποδόσεις Bitcoin

Έτσι θα ξέρουμε για ένα υπόδειγμα που ακολουθεί στάσιμη διαδικασία $ARMA(p, q)$ μετά από διαφορές/ά d τάξεως (στα παραδείγματα που είδαμε αλλά και στα όσα θα δούμε στο πρακτικό μέρος, παίρνουμε πρώτη διαφορά, δηλαδή $d = 1$) αποτελεί μια νέα κατηγορία υποδειγμάτων που ονομάζονται **αυτοπαλίνδρομα ολοκληρωμένα υποδείγματα κινητών μέσων** (*AutoregressiveIntegratedMovingAverage*) τάξεως (p, d, q) και συμβολίζεται ως $ARIMA(p, d, q)$.

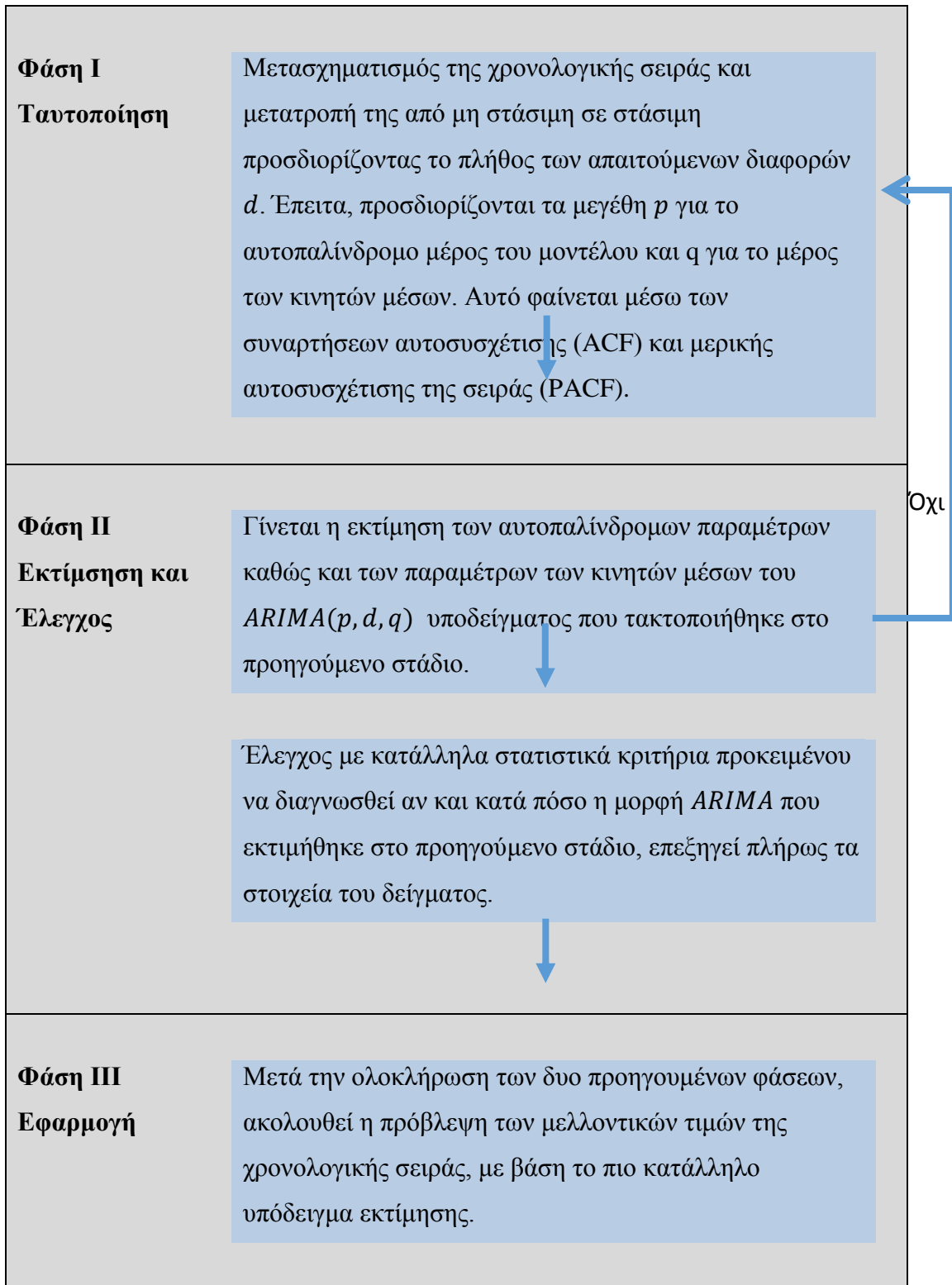
Η μελέτη υποδειγμάτων ARIMA βασίζεται στη μεθοδολογία που προτάθηκε από τους Box και Jenkins και περιλαμβάνει τις ακόλουθες φάσεις:

Φάση I: Ταυτοποίηση

Φάση II: Εκτίμηση και διαγνωστικοί έλεγχοι

Φάση III: Εφαρμογή του μοντέλου που εκτιμήθηκε στις φάσεις I και II

Σχηματικά:



Κλείνοντας την ενότητα των υποδειγμάτων *ARIMA*, συνοψίζουμε τα όσα έχουμε αναφέρει μέχρι τώρα για την περίπτωση των μη στάσιμων χρονολογικών σειρών. Οι Box και Jenkins (1976) προτείνουν οι σειρές να μετατρέπονται σε στάσιμες μέσω της λήψης διαφορών πρώτης, δεύτερης ή μεγαλύτερης τάξης. Γενικά η διαφοροποίηση των χρονολογικών σειρών προτείνεται για την επίτευξη στασιμότητας όταν υπάρχει στοχαστική ή εποχική τάση. Στη περίπτωση της εποχικότητας, οι διαφορές που παίρνουμε είναι ανά περίοδο (μήνα, τρίμηνο ή εξάμηνο, ανάλογα με την περιοδικότητα αυτής). Ωστόσο, υπάρχουν και χρονολογικές σειρές που είναι στάσιμες στο μέσο αλλά παρουσιάζουν μεταβλητότητα στην διασπορά των τιμών τους γύρω από το μέσο, έχουν μη στάσιμη διακύμανση. Πολλές σειρές παρουσιάζουν απόκλιση από το μέσο καθώς αυξάνονται οι τιμές τους. Αν μια χρονολογική σειρά έχει αυξανόμενη διακύμανση τότε θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν εξειδικευμένοι μετασχηματισμοί για να επιτευχθεί η αναμενόμενη στασιμότητα. Το φαινόμενο αυτό εξετάζεται στις ενότητες που θα ακολουθήσουν.

3.2 Υποδείγματα *ARCH* και *GARCH*

3.2.1 Χαρακτηριστικά της μεταβλητότητας

Οι περιπτώσεις χρονολογικών σειρών που εξετάζουμε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, αφορούν σειρές που ενώ παρουσιάζουν συνολικά σταθερή διακύμανση, έχουν και διαστήματα με έντονη μεταβλητότητα που εναλλάσσονται με διαστήματα «ηρεμίας». Συνήθως, τέτοια χαρακτηριστικά συναντώνται σε συναλλαγματικές ισοτιμίες ή αποδόσεις μετοχών. Στις σειρές με απότομες ανόδους και καθόδους η διακύμανση μεταβάλλεται διαχρονικά και επομένως ενέχουν κίνδυνο από πλευράς επενδυτικής και στρατηγικής διαχείρισης του κινδύνου.

Επί της ουσίας, στις περιπτώσεις όπως αυτές που προαναφέραμε, αυτό που εξετάζεται είναι η **υπό συνθήκη διακύμανση (conditional variance)** που στηρίζεται στη τρέχουσα και στη προηγούμενη πληροφόρηση σε αντιδιαστολή με την **μη δεσμευμένη διακύμανση (unconditional variance)** που αφορά όλο το δείγμα και είναι σταθερή. Η «υπό συνθήκη» διακύμανση ορίζεται ως **μεταβλητότητα (volatility)**.

Για τον σκοπό της μοντελοποίησης της υπό συνθήκη διακύμανσης, προτάθηκαν τα **υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικά υποδείγματα (conditional heteroskedastic models)**. Πιο συγκεκριμένα, η έννοια της υπό συνθήκης ετεροσκεδαστικότητας ορίστηκε από τον Engle (1982)

οποίος εισήγαγε και την πρόταση ότι η διακύμανση μπορεί να εξηγηθεί μέσω ενός αυτοπαλίνδρομου υποδείγματος, ως συνάρτηση των προηγούμενων τιμών της (της διακύμανσης). Είναι και ο λόγος για τον οποίο το υπόδειγμα αυτό ονομάζεται **υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικόαυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα (Autoregressive Conditional Heteroskedastic Model)** γνωστό ως *ARCH*.

Η ανάπτυξη των *ARCH* υποδειγμάτων είναι σημαντική για την πρόβλεψη της διακύμανσης των μελλοντικών τιμών με βάση τις τελευταίες και προηγούμενες τιμές. Η πρόβλεψη της μεταβλητότητας συντελεί στο να κατανοήσει καλύτερα ο επενδυτής την λειτουργία της χρηματιστηριακής αγοράς. Αν μια μετοχή χαρακτηρίζεται από υψηλή μεταβλητότητα τότε και ο επενδυτής θα ψάξει κάποια με μικρότερη μεταβλητότητα και μεγαλύτερη απόδοση.

Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι δεν μπορεί να γίνει πρόβλεψη των τιμών μιας μετοχής αλλά είναι δυνατόν να προβλεφθεί η διακύμανση των αποδόσεων που παρουσιάζουν μεταβλητότητα εκ των πραγμάτων και είναι συνάρτηση του χρόνου και επομένως, μπορούμε να προβλέψουμε την «υπό συνθήκη» διακύμανση τους μέσω των υποδειγμάτων *ARCH*. Για να διαπιστωθεί αυτό, υπολογίζονται **οι αποδόσεις (returns)**.²²

3.2.2 Μοντέλα μεταβλητότητας

Οι χρηματοοικονομικές χρονολογικές σειρές αποτελούν μια ειδική κατηγορία όχι μόνο των χρονολογικών σειρών, αλλά και ειδικότερα, των οικονομικών χρονολογικών σειρών.

Η σπουδαιότητά τους στην ανάλυση του χρηματοοικονομικού γίνεσθαι, σε μια εποχή που υπάρχει μια παγκοσμιοποίηση και ουσιαστικά ομογενοποίηση (κοινά προϊόντα, ίδια δομή δραστηριοποίησης, κοινή νομοθεσία, κλπ) των αγορών, είναι προφανής και αναγκαία.

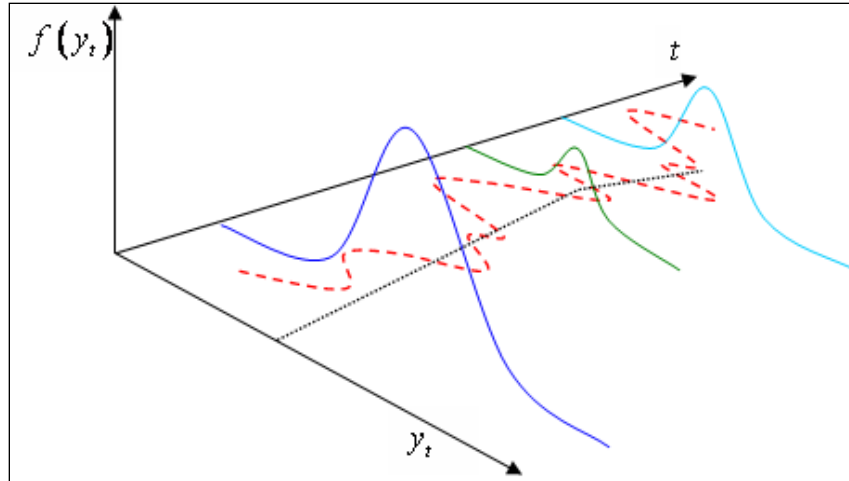
Οι χρηματοοικονομικές χρονολογικές σειρές έχουν ειδικά χαρακτηριστικά που τις προσδιορίζουν και έχουν διαμορφωθεί ειδικές τεχνικές που τις αναλύουν. Αυτή η πρακτική ήταν

• ²² StockJ, WatsonM. (2011). *Εισαγωγή στην οικονομετρία*, Εκδόσεις Gutenberg

απαραίτητη, δεδομένου ότι διάφορα προγενέστερα υποδείγματα (πχ *ARMA*), δεν μπόρεσαν να αποτυπώσουν και να εξηγήσουν επαρκώς τα χαρακτηριστικά τους. Μια από τις λύσεις ήταν τα Αυτοπαλίνδρομα Υπό Συνθήκη Ετεροσκεδαστικότητας Υποδείγματα, *ARCH* (Engle 1982) και τα Γενικευμένα Αυτοπαλίνδρομα Υπό Συνθήκη Ετεροσκεδαστικότητας Υποδείγματα, *GARCH* (Bollerslev 1986), καθώς και οι μετέπειτα προεκτάσεις και εξειδικεύσεις τους που πρόσθεσαν στα επιστημονικά εργαλεία μια έννοια με εξέχουσα σημασία, η οποία συνέβαλε πάρα πολύ στην πραγματική και αποτελεσματική ανάλυση των δεδομένων²³.

Ποια είναι αυτά τα ειδικά χαρακτηριστικά που υπονοήθηκαν στη προηγούμενη παράγραφο; Θα επαναλάβουμε ότι πρόκειται για χρονολογικές σειρές που δεν είναι στάσιμες ούτε ως προς τον μέσο ούτε ως προς την διακύμανση. Αυτό σημαίνει ότι κάθε χρονική στιγμή η μέση τιμή που μπορεί να πάρει η χρονολογική σειρά, έστω y_t , είναι διαφορετική όπως διαφορετική είναι και η μέση τετραγωνική απόκλιση των τιμών της περί το μέσο. Έτσι, αν για παράδειγμα παίρναμε ημερήσιες τιμές μιας χρονολογικής σειράς ανά εβδομάδα και έστω ότι αυτό το επαναλαμβάνουμε 100 φορές (ήτοι 100 εβδομάδες) τότε θα διαπιστώναμε, με πολύ μεγάλη πιθανότητα, ότι για τις 100 τιμές της y_t για την 1^η, 2^η, ..., 5^η ημέρα της εβδομάδας θα κατανέμονταν διαφορετικά με διαφορετική μέση τιμή και διακύμανση. Αυτό το φαινόμενο απεικονίζεται στο διάγραμμα 4 που ακολουθεί.

● ²³ Zhang D, Hu M, Ji Q (2020). Financial markets under the global pandemic of COVID-19. Finance research letters. 36: 101528



Διάγραμμα 3.2.1

Παράδειγμα μη στάσιμης σειράς ως προς τον μέσο και την διακύμανση

Το πρόβλημα της αστάθειας στη διακύμανση έρχεται να απαντήσει η οικογένεια των υποδειγμάτων *GARCH* η οποία αναφέρεται σε μια τεράστια γκάμα συναρτήσεων της σ_t^2 όπου κάθε περίπτωση χαρακτηρίζεται και από την εκάστοτε ιδιαιτερότητα της σειράς.

3.2.3 Η Χρησιμότητα της οικογένειας των ARCH υποδειγμάτων

Στα χρονικά πλαίσια μελέτης μιας σειράς δεδομένων που αφορά πχ τις ημερήσιες αποδόσεις χρηματοοικονομικών προϊόντων, ενδέχεται να παρατηρήσουμε, για σε ορισμένες χρονικές περιόδους, τις τιμές απόδοσης να παρουσιάζουν εντονότερη μεταβλητότητα (volatility), ή αλλιώς κίνδυνο, (βλέπε στις χρωματισμένες περιοχές των διαγραμμάτων απόδοσης παρακάτω) σε σχέση με άλλες περιόδους όπου η διακύμανση δεν παρουσιάζει έντονες μεταβολές. Αυτή τη «συσσωρευμένη μεταβλητότητα» την ξέρουμε σαν «Volatilityclustering». Τώρα, αναφέρουμε την έννοια του κινδύνου γιατί συνήθως στα οικονομικά δεδομένα σαν εξαρτημένη μεταβλητή έχουμε την απόδοση των δεδομένων αυτών. **Η διακύμανση της απόδοσης αντιπροσωπεύει τον βαθμό κινδύνου που μπορεί να επιφέρει αυτή.**

Αυτές οι τιμές που διαφέρουν δεν κατανέμονται ομοιόμορφα μέσα στον χρόνο. Αντιθέτως, όπως αναφέρει και ο Mandelbrot (1963) «...large changes tend to be followed by large changes – of either sign – and small changes tend to be followed by small changes...».

Τα Αυτοπαλίνδρομα Υπό Συνθήκη Ετεροσκεδαστικότητας Υποδείγματα, *ARCH* models όπως και τα Γενικευμένα Αυτοπαλίνδρομα Υπό Συνθήκη Ετεροσκεδαστικότητας Υποδείγματα, *GARCH* models μπορούν να «συλλάβουν» το φαινόμενο αυτό, ενώ αντιθέτως τα *ARMA* υποδείγματα δύσκολα μπορούν να το διακρίνουν²⁴.

Επαναλαμβάνουμε εδώ ότι στις εξεταζόμενες αποδόσεις εμφανίζεται το φαινόμενο του volatility clustering. Υπάρχουν χρονικές περίοδοι όπου η μεταβλητότητα των αποδόσεων έχει μεγαλύτερη διακύμανση και άλλες χρονικές στιγμές όπου η μεταβλητότητα των αποδόσεων είναι σαφώς πιο μικρή. Η προσπάθεια για τη διάγνωση του φαινομένου αυτού, γίνεται με σκοπό την πρόβλεψη του μελλοντικού volatility. Όπως αναφέραμε, ουσιαστικά πρόκειται για μια κλίμακα αξιολόγησης του κινδύνου και της αβεβαιότητας. Αυτό είναι εξαιρετικά χρήσιμο για τις επενδύσεις, διότι με την κατάλληλη στρατηγική (με διάφορα χρηματοοικονομικά εργαλεία όπως options, futures κλπ) μπορούμε να αντισταθμίσουμε τον κίνδυνο ή μέρος αυτού.

3.2.4 Leverage effect

Το leverage effect αναφέρεται και αυτό στη συμπεριφορά των τιμών μιας χρονολογικής σειράς που προέρχεται από χρηματοοικονομικά δεδομένα. Η ερμηνεία του έγκειται στο ότι οι αποδόσεις της παρούσας περιόδου έχουν αρνητική συσχέτιση με το μελλοντικό volatility (μεταβλητότητα).

Εάν έχουμε για παράδειγμα μια εταιρεία όπου παρουσιάζει πτώση στην τιμή της μετοχής της αυτό πιθανώς να έχει αρνητική επίπτωση στην φήμη της εταιρείας αλλά και στην ικανότητά της να λειτουργήσει ανταγωνιστικά και παραγωγικά στην αγορά. Θα υπάρχει λοιπόν μια αρνητική επίπτωση στο μέλλον, στο άμεσο σίγουρα, ίσως και στο απώτερο. Αυτή η αρνητική επίπτωση έχει αποδειχθεί ότι εκδηλώνεται με μια αύξηση του volatility όπως και αντίστροφα κάποια θετικά νέα ή γεγονότα οδηγούν σε μείωση του volatility στο μέλλον.

Το γραμμικό υπόδειγμα *GARCH* δεν μπορεί να διαγνώσει αυτό το χαρακτηριστικό και αυτός είναι ένας από τους λόγους που αναπτύχθηκε ένα άλλο είδος υποδειγμάτων όπως αυτών των *TGARCH* και *EGARCH*.

• ²⁴ Ruey S. Tsay (2005). *Analysis of Financial Time Series, Second Edition Wiley Series in Probability and Statistics*

3.2.5 Άλλα χαρακτηριστικά

Παρατηρείται ότι όταν έχουμε χρηματοοικονομικές αγορές που παραμένουν κλειστές για κάποιες χρονικές περιόδους, όταν επαναλειτουργούν ότι διαπραγματεύεται σε αυτές παρουσιάζει πιο μεγάλη διακύμανση σε σχέση με τις υπόλοιπες ημέρες. Έχουμε δηλαδή μια συσσώρευση πληροφορίας, η οποία διαχέεται με πολύ έντονο ρυθμό σε σχέση με πριν όταν για κάποιο λόγο είναι αποκλεισμένη και στην συνέχεια της επιτραπεί να κινηθεί. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως *non trading days*.

Τα υποδείγματα που θα εφαρμοστούν στα δεδομένα μας θα πρέπει να αντιληφθούν αυτά τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν, να μπορούν να τα αναλύσουν και να προβλέψουν αν είναι δυνατόν. Αυτόν το σκοπό επιδιώκει να εκπληρώσει η οικογένεια των υποδειγμάτων ARCH και GARCH που παρουσιάζουμε στις αμέσως επόμενες ενότητες.

3.2.6 ARCH υποδείγματα

Ο Engle (1982) πρότεινε το πρώτο μοντέλο που ανήκε στην ομάδα των ARCH διαδικασιών. Η ουσία των υποδειγμάτων ARCH είναι ότι μοντελοποιούν την δεσμευμένη διακύμανση των ε_t σε ένα υπόδειγμα $y_t = \mu + \varepsilon_t$ με μ τη μέση τιμή της διαδικασίας y_t ή πιο απλά $y_t = \varepsilon_t$. Όπου τα ε_t αποτελούν μια στοχαστική διαδικασία που δίνεται από την σχέση $\varepsilon_t = z_t \sigma_t$ με z_t ανεξάρτητα και ισοδύναμα με μέσο μηδέν και διακύμανση 1. Μάλιστα ισχύει $z_t \sim N(0,1)$.

Η σ_t παρουσιάζεται ως μια θετικά ορισμένη συνάρτηση η οποία εξαρτάται από το σύνολο των πληροφοριών (δεδομένων) μέχρι την χρονική στιγμή $t - 1$, ήτοι $\sigma_t = f(I_{t-1})$, όπου I_{t-1} το σύνολο αυτό των πληροφοριών. Έτσι παίρνουμε για το ε_t :

$$E(\varepsilon_t | I_{t-1}) = E(z_t \sigma_t | I_{t-1}) = E(z_t | I_{t-1}) E(\sigma_t | I_{t-1}) = 0 \cdot E(\sigma_t | I_{t-1}) = 0$$

$$V(\varepsilon_t | I_{t-1}) = E(\varepsilon_t^2 | I_{t-1}) - [E(\varepsilon_t | I_{t-1})]^2 = \dots = \sigma_t^2$$

Έτσι

$$\varepsilon_t | I_{t-1} \sim N(0, \sigma_t^2)$$

με

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2 \quad (3.7)$$

Η σ_t^2 είναι η υπό συνθήκη διακύμανση ή αλλιώς μια δεσμευμένη διακύμανση. Από την δομή του υποδείγματος καταλαβαίνουμε την δυνατότητά του να «συλλάβει» το φαινόμενο του volatility clustering κατά το οποίο μικρές αλλαγές ακολουθούνται από μικρές αλλαγές στις τιμές των αποδόσεων οι οποίες είναι μη προβλέψιμου προσήμου.

Η διακύμανση δεν μας βοηθάει αν δεν είναι μετρήσιμη. Δηλαδή δεν πρέπει να τείνει στο άπειρο. Αποδεικνύεται ότι αν ισχύει $\alpha_1 < 1$ για ένα ARCH(1) μοντέλο, τότε η διακύμανση είναι πεπερασμένη και το υπόδειγμά μας είναι στάσιμο.

Η κατανομή των δεδομένων που προέρχονται από την εφαρμογή του ARCH(1), εμφανίζει παχιές ουρές σε σχέση με τα δεδομένα που προέρχονται από κανονική κατανομή. Αυτή η συσσώρευση δεν αντιμετωπίζεται σαν πρόβλημα αλλά μοντελοποιείται και χρησιμοποιείται για ανάλυση και πρόβλεψη²⁵.

3.2.7 GARCH υποδείγματα

Επειδή σε πολλές εφαρμογές η υποδειγματοποίηση της δεσμευμένης διακύμανσης απαιτούσε την εκτίμηση μεγάλου αριθμού παραμέτρων, δηλαδή μεγάλο p (για την περίπτωση του ARCH(p)), ο Bollerslev (1986) πρότεινε η δεσμευμένη διακύμανση να εξαρτάται και από τις χρονικές υστερήσεις του εαυτού της. Έτσι όρισε το GARCH(p, q)²⁶ το οποίο γράφεται ως εξής:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \beta_q \sigma_{t-q}^2 \quad (3.8)$$

$$\varepsilon_t | I_{t-1} \sim N(0, \sigma_t^2)$$

²⁵ ARCH Model. (n.d.). LOST. https://lost-stats.github.io/Time_Series/ARCH_Model.html

²⁶ Team, I. (2021, June 11). GARCH Model: Definition and Uses in Statistics. Investopedia.

$$\varepsilon_t = z_t \sigma_t$$

$$z_t \sim N(0,1)$$

Ισχύει

$$\sum_{i=1}^p \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_j < 1 \quad (3.9)$$

Χρησιμότητα GARCH υποδείγματος: Επειδή η εφαρμογή ενός ARCH υποδείγματος οδηγούσε πολλές φορές σε υψηλές τιμές του p άρα και σε μεγαλύτερο αριθμό προς εκτίμηση παραμέτρων, ο Bollerslev προσέγγισε την p τάξη του ARCH με ένα πολυώνυμο τάξεως (p,q) το οποίο μπορεί να γραφεί σαν ένα τυπικό ARMA υπόδειγμα για τα τετράγωνα των σφαλμάτων.

Η εφαρμογή των GARCH μοντέλων απέδειξε ότι οι τιμές που παίρνει το p είναι αρκετά μικρότερες σε σχέση μ' αυτές που θα είχε πάρει το ARCH, ενώ περιγράφουν ικανοποιητικά χρονολογικές σειρές που παρουσιάζουν ομαδοποιήσεις από μεγάλο αριθμό αρνητικών και θετικών τομών. Μιλάμε, δηλαδή, για το φαινόμενο Volatility clustering.

Μια απλή μορφή GARCH υποδειγμάτων είναι τα Εκθετικά μοντέλα Σταθμισμένου Κινητού Μέσου (Exponentially Weighted Moving Average). Πιο συγκεκριμένα το υπόδειγμα αυτό αφορά

$$\sigma_t^2 = (1 - \lambda) \cdot \varepsilon_{t-1}^2 + \lambda \cdot \sigma_{t-1}^2 \quad (3.10)$$

$$\text{ή } \sigma_t^2 = (1 - \lambda) \cdot y_{t-1}^2 + \lambda \cdot \sigma_{t-1}^2 \text{ αν όπως υποθέσαμε } y_t = \varepsilon_t$$

Η παράμετρος λ καλείται και συντελεστής αποδυνάμωσης (decayfactor) τον οποίο θα συναντήσουμε και παρακάτω στη περίπτωση των πολυμεταβλητών υποδειγμάτων.

Όπως εύκολα μπορούμε να διαπιστώσουμε η διαδικασία EWMA είναι μια ειδική περίπτωση GARCH(1,1) αρκεί να θέσουμε $\alpha_0 = 0$, $\alpha_1 = 1 - \lambda$ και $\beta_1 = \lambda$.

3.2.8 EGARCH υποδείγματα

Ο Nelson (1991), χρησιμοποίησε την παρατήρηση που πρώτος είχε κάνει ο Black (1976) για την διακύμανση των αποδόσεων των μετοχών. Είχε σημειώσει ότι η διακύμανση έχει ασύμμετρη μορφή ως προς τα νέα που έρχονται στην αγορά κεφαλαίων. Αν υποθέσουμε ότι τα νέα που έρχονται στους επενδυτές εκφράζονται από τα κατάλοιπα του μοντέλου πρόβλεψής τους, τότε πρέπει να οριστεί έτσι η δεσμευμένη διακύμανση ώστε τα αρνητικά κατάλοιπα να έχουν διαφορετική επιρροή από τα θετικά κατάλοιπα (αρνητικές και θετικές πληροφορίες αντίστοιχα).

Υπονοούμε ότι το υπόδειγμα EGARCH²⁷ μπορεί να επεξεργαστεί το Leverage effect κάτι που δεν μπορούν να κάνουν τα προηγούμενα υποδείγματα που εξετάσαμε.

Το Leverage effect ²⁸έγκειται στο ότι οι αποδόσεις αρκετών χρηματοοικονομικών προϊόντων έχουν αρνητική συσχέτιση με τις αλλαγές στο volatility των τιμών, οι οποίες προέρχονται από εισροή πληροφοριών. Θετικές πληροφορίες οδηγούν σε μείωση του volatility, ενώ αντίθετα αρνητικές πληροφορίες οδηγούν σε αύξησή του.

Το GARCH κατά τον καθορισμό της δεσμευμένης διακύμανσης στηρίζεται στο μέγεθος του ε_t^2 και όχι στο πρόσημό του. Αυτό δεν το εξετάζει.

Η διαφοροποίηση όπως βλέπουμε, είναι η εισαγωγή της ευαισθησίας ως προς το πρόσημο για τα κατάλοιπα. Αν θεωρήσουμε ότι η εισερχόμενη πληροφορία τα επηρεάζει, τότε η δεσμευμένη διακύμανση θα επηρεάζεται διαφορετικά από τα κατάλοιπα με θετικό πρόσημο σε σχέση με όταν αυτά έχουν αρνητικό πρόσημο.

Η μορφή του υποδείγματος ExponentialGARCH(1,1) είναι:

$$\ln \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right| + \gamma_1 \left(\frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right) + \theta_1 \ln \sigma_{t-1}^2 \quad (3.11)$$

$$\varepsilon_t | I_{t-1} \sim N(0, \sigma_t^2)$$

$$\varepsilon_t = z_t \sigma_t$$

²⁷ EGARCH conditional variance time series model - MATLAB. (n.d.).

²⁸ Δημέλη Σοφία (2013). Σύγχρονες μέθοδοι ανάλυσης χρονολογικών σειρών

$$z_t \sim N(0,1)$$

3.2.9 TARARCH υποδείγματα

Όπως το υπόδειγμα EGARCH έτσι και το TARARCH (Threshold ARCH), έχει μη συμμετρική διακύμανση ως προς τα κατάλοιπα. Αυτή εκδηλώνεται με την ύπαρξη μιας ψευδομεταβλητής, την d_t η οποία παίρνει τις εξής τιμές:

Για $\varepsilon_{t-1} < 0$ το d_{t-1} γίνεται 1

Για $\varepsilon_{t-1} \geq 0$ το d_{t-1} γίνεται 0

Η εξίσωση της δεσμευμένης διακύμανσης για το υπόδειγμα TARARCH(1,1) είναι:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma d_{t-1} \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \quad (3.12)$$

Εάν το $\gamma > 0$, τότε η ροή των πληροφοριών αρνητικού περιεχομένου έχει μεγαλύτερη επίδραση στο volatility, (αυξητικά) απ' ότι έχει μια ροή θετικών πληροφοριών, η οποία το μειώνει. Ισχύει δηλαδή το Leverage effect.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Ανάλυση δεδομένων και συμπεράσματα

4.1 Σειρές και περιγραφικά χαρακτηριστικά

Στη παρούσα εργασία οι βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιούνται αποτελούνται από τιμές χρηματοοικονομικών δεικτών (αποδόσεις κατά κύριο λόγο), για τα κρυπτονομίσματα **Bitcoin (BTC)**, **Ethereum (ETH)** και **BinanceCoin (BNB)**, με σκοπό να εξεταστούν οι όποιες επιπτώσεις

της πανδημίας στις ημερήσιες αποδόσεις τους. Τα ημερήσια δεδομένα που συλλέχθηκαν, αφορούν την περίοδο από τον Ιανουάριο του 2019 μέχρι και τον Μάιο του 2022. Συγκεκριμένα, έχουμε πάρει τις τιμές κλεισίματος από τις οποίες υπολογίσαμε τις αντίστοιχες αποδόσεις:

$$\ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) = Returns_t$$

με P_t να συμβολίζουμε την τρέχουσα τιμή κλεισίματος και P_{t-1} αυτή της προηγούμενης ημέρας.

Η περίοδος που εξετάζεται για όλες τις περιπτώσεις περιλαμβάνει την απαρχή και πορεία της πανδημίας COVID 19 με ότι αυτό επέφερε στις διεθνείς χρηματοοικονομικές αγορές. Συγκεκριμένα, χωρίσαμε το δείγμα μας σε δυο υποπεριόδους που αφορούν το πριν την έναρξη της πανδημίας COVID-19 (μέχρι μέσα Μαρτίου του 2020) και το διάστημα της εξάπλωσής της και μετά (από τα μέσα Μαρτίου 2020 και έπειτα). Ονομάζουμε την πρώτη περίοδο Before COVID-19 και τη δεύτερη During COVID-19.

Πίνακας 4.1

Περιγραφικά στοιχεία επί των αποδόσεων πριν την έξαρση του COVID-19

Before COVID-19	Bitcoin	BinanceCoin	Ethereum
Mean	0.002	0.002	0.001
Median	0.001	0.000	0.000
Maximum	0.160	0.179	0.145
Minimum	-0.152	-0.193	-0.183
Std. Dev.	0.034	0.043	0.042
Skewness	0.202	-0.023	-0.437
Kurtosis	7.307	5.221	6.514
Jarque-Bera	339.223	89.476	237.678
Probability	0.000	0.000	0.000
Sum	0.722	1.001	0.325
Sum Sq. Dev.	0.510	0.808	0.766

Observations	435	435	435
---------------------	-----	-----	-----

Πίνακας 4.1 1

Πίνακας 4.2

Περιγραφικά στοιχεία επί των αποδόσεων κατά την διάρκεια του COVID-19

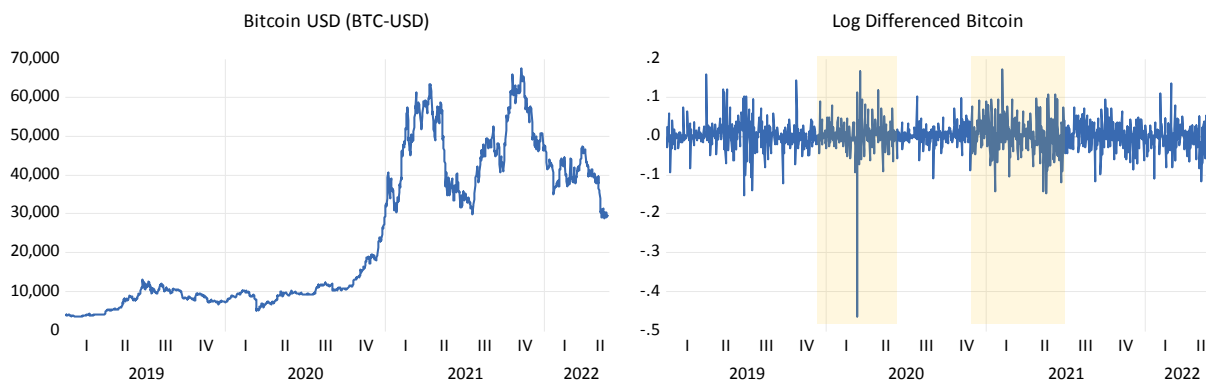
During COVID-19	Bitcoin	BinanceCoin	Ethereum
Mean	0.002	0.004	0.003
Median	0.002	0.004	0.005
Maximum	0.172	0.529	0.231
Minimum	-0.465	-0.543	-0.551
Std. Dev.	0.041	0.061	0.053
Skewness	-1.757	-0.247	-1.608
Kurtosis	24.603	21.442	19.883
Jarque-Bera	16107.150	11443.850	9932.597
Probability	0.000	0.000	0.000
Sum	1.309	2.902	2.181
Sum Sq. Dev.	1.353	3.021	2.269
Observations	807	807	807

Πίνακας 4.2 1

Οι πίνακες με τα περιγραφικά στοιχεία (πίνακες 1 και 2) περιλαμβάνουν στατιστικά μέτρα για τις αποδόσεις (πριν και κατά την διάρκεια της πανδημίας), από τα οποία ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι δείκτες ασυμμετρίας (skewness) και κύρτωσης (kurtosis) οι οποίοι επιβεβαιώνουν τα ιδιαίτερα γνωρίσματα των χρηματοοικονομικών μεγεθών που είναι η ασύμμετρη και λεπτόκυρτη κατανομή τους. Ως λεπτόκυρτες σειρές (και για τις τρεις περιπτώσεις

κρυπτονομισμάτων που εξετάζουμε) έχουν παχιές ουρές (thicktails) πράγμα που συνεπάγεται ότι η κύρτωσή τους και άρα η κατανομή τους διαφέρει από αυτή της κανονικής²⁹. Στο τελευταίο συμπέρασμα άλλωστε περί μη κανονικότητας, συμφωνούν και οι έλεγχοι Jarque-Bera κατά τους οποίους η υπόθεση περί κανονικών σειρών απορρίπτεται για όλες τις περιπτώσεις εφόσον το p – $value$ εμφανίζεται μικρότερο από όλα τα γνωστά επίπεδα εμπιστοσύνης (1%, 5% και 10%)

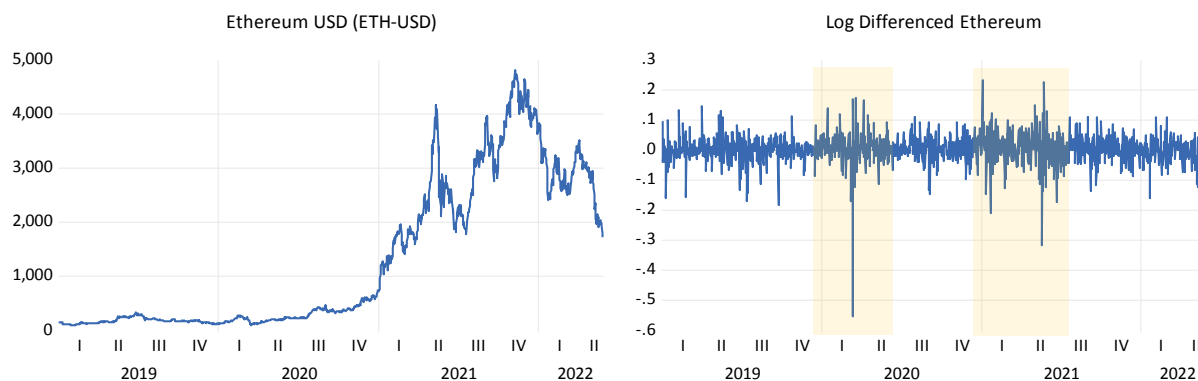
Παρακάτω δίνεται η διαγραμματική απεικόνιση (διαγράμματα 1 έως και 3) των τιμών κλεισίματος ανά περίπτωση όπως και η διαχρονική εξέλιξη των λογαριθμοποιημένων πρώτων διαφορών των τιμών κλεισίματος οι οποίες αναφέρονται στις αποδόσεις. Από τα διαγράμματα των αποδόσεων μπορούμε να δούμε παραστατικά το volatility clustering phenomenon το οποίο είναι εμφανή για όλες τις περιπτώσεις που εδώ εξετάζουμε. Οι γραμμοσχεδιασμένες περιοχές επισημαίνουν τις βασικές χρονικές περιόδους κατά τις οποίες παρατηρείται έξαρση της μεταβλητότητας ήτοι αυτό που ήδη έχουμε αναφέρει ως volatility clustering phenomenon.



Διάγραμμα 4.1

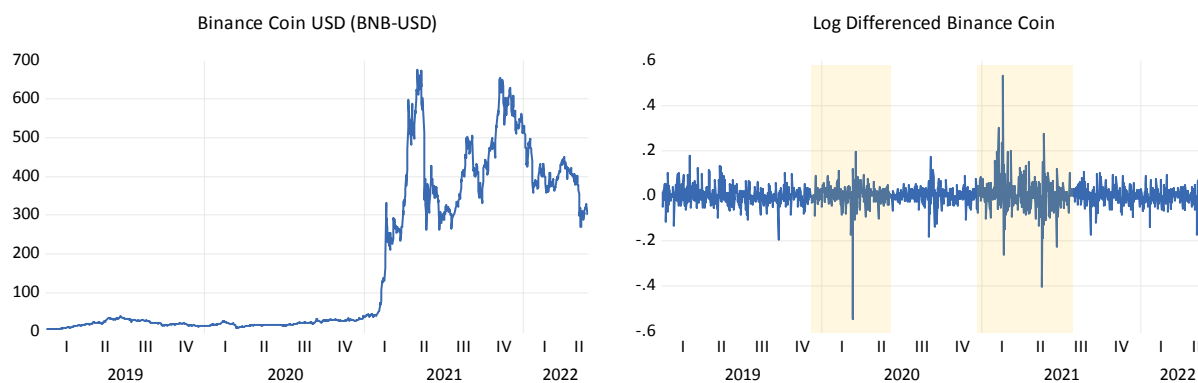
Τιμές κλεισίματος και Αποδόσεις – BitcoinUSD

²⁹ Δημέλη Σοφία (2013). *Σύγχρονες μέθοδοι ανάλυσης χρονολογικών σειρών*



Διάγραμμα 4.4

Τιμές κλεισίματος και Αποδόσεις – EthereumUSD



Διάγραμμα 4.5

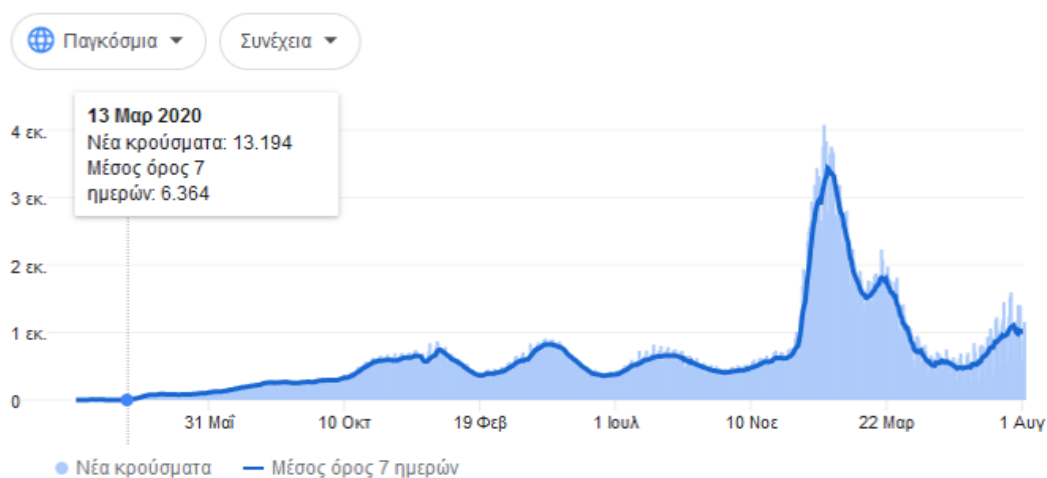
Τιμές κλεισίματος και Αποδόσεις – BinanceCoinUSD

4.2 Το σκεπτικό της ανάλυσης

Η πανδημία COVID-19 έχει προκαλέσει σημαντικές απώλειες και αύξηση του επιπέδου κινδύνου στις χρηματοπιστωτικές αγορές και την παγκόσμια οικονομία. Στη παρούσα εργασία, προσπαθούμε να μελετήσουμε τις επιπτώσεις αυτές της πανδημίας στην αγορά κρυπτονομισμάτων. Για τον σκοπό αυτό, όπως θα δούμε και πιο αναλυτικά στη συνέχεια

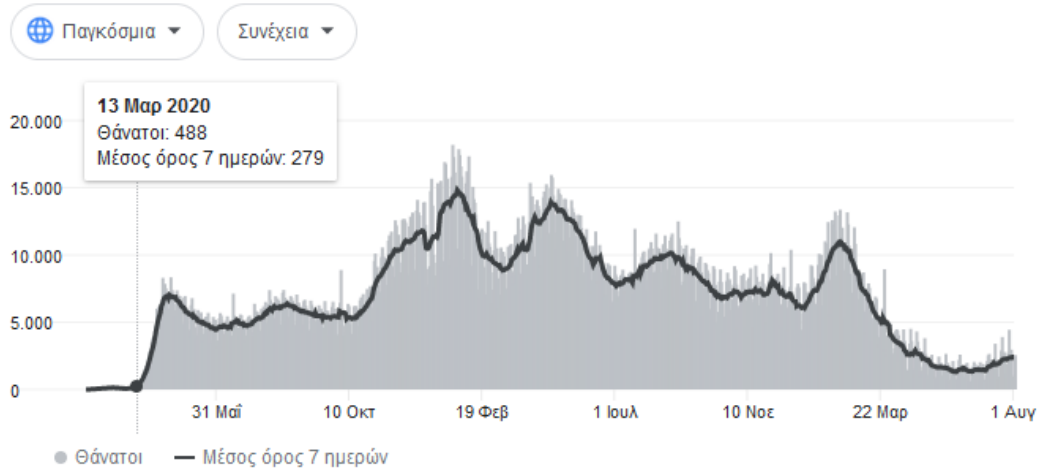
αιτιολογώντας και τις επιλογές μας, μοντελοποιούμε τη μεταβλητότητα της αγοράς κρυπτονομισμάτων, λίγο πριν αλλά και κατά την επικράτηση της πανδημίας του COVID-19.

Πήραμε ως χρονικό σημείο αναφοράς (για το πριν και το μετά της κρίσης, κάτι που ήδη έχουμε αναφέρει) τα μέσα Μαρτίου του 2020. Το χρονικό αυτό σημείο αναφοράς επιλέχθηκε δεδομένου ότι μετά από τα μέσα Μαρτίου του 2020, καταγράφηκε η πρώτη μεγάλη αύξηση των κρουσμάτων παγκοσμίως (από 7 περίπου χιλιάδες σε 87 χιλιάδες κατά μέσο όρο την εβδομάδα σε διάρκεια μόλις ενός μήνα ήτοι αύξηση 1143%) όπως και της ραγδαίας αύξησης των θανάτων (από 400 περίπου την εβδομάδα κατά μέσο όρο την εβδομάδα σε 7 χιλιάδες, επίσης σε διάρκεια ενός μήνα ήτοι αύξηση 1650%). Παρακάτω δίνονται σε μορφή γραφημάτων, τα κρούσματα και οι θάνατοι από COVID μέχρι πρόσφατα.



Διάγραμμα 4.4

Εξέλιξη κρουσμάτων COVID-19 παγκοσμίως έως Αύγουστο 2022



Διάγραμμα 4.6

Εξέλιξη θανάτων από COVID-19 παγκοσμίως έως Αύγουστο 2022

Σε πιο τεχνικό επίπεδο, εφαρμόστηκαν παραλλαγές από μοντέλα της μορφής $GARCH(p, q)$, $TGARCH(p, q)$ και $EGARCH(p, q)$ προκειμένου να μοντελοποιηθεί και κατ' επέκταση εκτιμηθεί/προβλεφθεί η μεταβλητότητα των ημερήσιων αποδόσεων και οι τυχόν επιπτώσεις μόχλευσης (leverage effect) για τις περιπτώσεις των κρυπτονομισμάτων **Bitcoin**, **Ethereum** και **BinanceCoin**.

Τα εμπειρικά ευρήματα από τα μοντέλα $GARCH(1, 1)$ και, υποδηλώνουν την παρουσία ομαδοποιημένης αστάθειας στην αγορά κρυπτονομισμάτων. Επιπλέον, τα αποτελέσματα των $TGARCH(1, 1)$ και $EGARCH(1, 1)$ δείχνουν την παρουσία των επιδράσεων μόχλευσης (leverage effect) στις σειρές των αποδόσεων και των τριών κρυπτονομισμάτων. Με άλλα λόγια, τα ευρήματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι στην περίοδο της πανδημίας COVID-19, οι αποδόσεις στην αγορά κρυπτονομισμάτων παρουσίασαν και volatility clusters όπως και επιδράσεις μόχλευσης (leverage effect). Αυτά τα αποτελέσματα παρέχουν καλύτερη κατανόηση στους χρηματοοικονομικούς επενδυτές για να επενδύσουν ορθολογικά και προσεκτικά σε περιόδους πανδημίας.

4.3 Εκτίμηση μοντέλων

Στην ενότητα αυτή θα προχωρήσουμε με τις εκτιμήσεις υποδειγμάτων για κάθε περίπτωση, έχοντας χωρίσει την χρονική περίοδο με τα δεδομένα μας σε δυο υποπεριόδους (α) 1/1/2019 με 3/11/2020 και (β) 3/12/2020 με 5/27/2022. Για κάθε μια από τις υποπεριόδους, εκτιμήσαμε υποδείγματα της μορφής $GARCH(1,1)$, $TGARCH(1,1)$ και $EGARCH(1,1)$ και στη συνέχεια διεξάγαγε τους απαραίτητους διαγνωστικούς ελέγχους επί των καταλοίπων που προέκυψαν από τα μοντέλα εστιάζοντας κυρίως στην ύπαρξη αυτοσυσχέτισης και ετεροσκεδαστικότητας.

Τα υποδείγματα αυτά, προέκυψαν μετά από ενδελεχή διερεύνηση εναλλακτικών μοντέλων ως προς δυο κατευθύνσεις: (α) το μοντέλο που αφορά τον μέσο και (β) το μοντέλο που αφορά την διακύμανση για το οποίο κάναμε λόγο στη προηγούμενη παράγραφο.

Πιο συγκεκριμένα, για το μοντέλο του μέσου, όπου η εξαρτημένη μεταβλητή είναι οι αποδόσεις για τα τρία κρυπτονομίσματα, έγινε χρήση υποδειγμάτων της μορφής $AR(p)$, $MA(q)$ και $ARMA(p, q)$ με εναλλακτικές τιμές για τις τάξεις των μοντέλων p και q , από 1 έως και 5. Έτσι για παράδειγμα, στην περίπτωση ενός $AR(1)$, το μοντέλο που εκτιμήθηκε ήταν της μορφής:

$$\ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) = Returns_t = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot Returns_{t-1} + \varepsilon_t$$

Να σημειωθεί ότι δεν χρειάστηκε μετασχηματισμός των σειρών για την επίτευξη στασιμότητας ως προς τον μέσο, δεδομένου ότι οι αποδόσεις είναι ήδη ο μετασχηματισμός των τιμών κλεισίματος και συγκεκριμένα οι λογαριθμοποιημένες πρώτες διαφορές τους.

Εν κατακλείδι, σε καμιά από τις αποδόσεις δεν προέκυψε μοντέλο για τον μέσο, με εκτιμήσεις συντελεστών στατιστικά σημαντικών για κανένα από τα γνωστά επίπεδα σημαντικότητας (1%, 5% και 10%). Οπότε και στο παράδειγμα του $AR(1)$, η εκτίμηση του α_1 δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

Είναι ο λόγος για τον οποίο στα υποδείγματα του μέσου που τελικά επιλέχθηκαν, εμφανίζεται μόνο ο σταθερός όρος ως εκτίμηση του μέσου των αποδόσεων.

Πίνακας 4.3

GARCH εκτιμήσεις – Before COVID-19

Before COVID-19	Bitcoin	Ethereum	Binance Coin
Mean Equation			

μ	0.0016	0.0008	0.0021
Std. Error	0.0016	0.0021	0.0023
z-Statistic	1.0162	0.3936	0.9491
p - value	0.3095	0.6938	0.3426
Variance Equation			
α_0	0.0004	0.0008	0.0076
Std. Error	0.0001	0.0004	0.0007
z-Statistic	5.3394	2.0720	11.7385
p - value	0.0000	0.0383	0.0000
α_1	0.3517	0.3414	0.0891
Std. Error	0.0527	0.1714	0.0444
z-Statistic	4.3967	1.9917	2.0090
p - value	0.0000	0.0464	0.0452
β_1	0.4793	0.4884	0.7654
Std. Error	0.0918	0.2348	0.3683
z-Statistic	5.2194	2.0805	2.0785
p - value	0.0000	0.0375	0.0383
$\alpha_1 + \beta_1$	0.8310	0.8299	0.8545
Akaike info criterion	-3.9983	-3.4997	-3.4344
Schwarz criterion	-3.9608	-3.4622	-3.3970
Log likelihood	873.6351	765.1882	750.9873

Πίνακας 4.3 1

Πίνακας 4.3 2

Στους πίνακες 3 και 4 εμφανίζονται τα αποτελέσματα της εκτίμησης ενός $GARCH(1,1)$ ως προς την διακύμανση, για την πρώτη περίοδο και τη δεύτερη περίοδο που εξετάζουμε.

Πίνακας 4.4

GARCH εκτιμήσεις – During COVID-19

During COVID-19	Bitcoin	Ethereum	Binance Coin
Mean Equation			
μ	0.0021	0.0032	0.0023

Std. Error	0.0013	0.0017	0.0016
z-Statistic	1.6270	1.8782	1.4150
p - value	0.1037	0.0603	0.1571
Variance Equation			
α_0	0.0002	0.0002	0.0001
Std. Error	0.0000	0.0000	0.0000
z-Statistic	4.1325	6.1791	5.1661
p - value	0.0000	0.0000	0.0000
α_1	0.0555	0.0949	0.1595
Std. Error	0.0190	0.0139	0.0159
z-Statistic	2.9251	6.8263	10.0306
p - value	0.0034	0.0000	0.0000
β_1	0.8072	0.8153	0.8056
Std. Error	0.0416	0.0173	0.0164
z-Statistic	19.3858	47.1079	49.0856
p - value	0.0000	0.0000	0.0000
$\alpha_1 + \beta_1$	0.8627	0.9102	0.9651
Akaike info criterion	-3.7424	-3.2435	-3.1745
Schwarz criterion	-3.7191	-3.2202	-3.1512
Log likelihood	1514.0480	1312.7380	1284.9130

Πίνακας 4.4

Πίνακας 4.4 1

Στην εξίσωση *GARCH*, οι παράμετροι του όρου σταθερής διακύμανσης, *ARCH* και *GARCH* για όλα τα κρυπτονομίσματα είναι σημαντικά σημαντικές και θετικές, και για τις δύο επιλεγμένες περιόδους (Πριν από την περίοδο COVID-19 και κατά την περίοδο COVID-19). Οι παράμετροι α , (που μετράνε το impact του *ARCH*) και β (που μετράνε το impact του *GARCH*) αναφέρονται στις ειδήσεις που έρχονται και μπορεί να επηρεάζουν τις αποδόσεις χρηματοοικονομικών προϊόντων. Ειδικότερα, το α δείχνει την επίπτωση από τις πιο πρόσφατες ή διαφορετικά τις τρέχουσες ειδήσεις ενώ το β αναφέρεται στις παλιές ειδήσεις. Η τιμή του α είναι στατιστικά σημαντική και για τις δύο περιόδους, πράγμα που σημαίνει ότι οι πρόσφατες ειδήσεις

έχουν επηρεάσει σημαντικά την αστάθεια της κρυπταγοράς και συγκεκριμένα των κρυπτονομισμάτων που εξετάζουμε. Από την άλλη πλευρά, και η τιμή του βείναι επίσης στατιστικά σημαντική, γεγονός που παρέχει στοιχεία ότι οι παλιές ειδήσεις έχουν επίσης επηρεάσει την αστάθεια της κρυπταγοράς.

Επιπλέον, οι υψηλοί συντελεστές *GARCH* (αρκετά κοντά στη μονάδα) κατά τη διάρκεια της πανδημίας, δείχνουν ότι τα σοκ στην υπό όρους διακύμανση τείνουν να εξασθενούν μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα, επομένως, η μεταβλητότητα εμφανίζει «επίμονη συμπεριφορά». Από τα αποτελέσματα των πινάκων 3 και 4, προκύπτει ότι το άθροισμα των παραμέτρων *ARCH* και *GARCH* είναι περίπου ίσο με ένα και στις δύο περιόδους. Σημειώστε ότι εάν το $\alpha + \beta$ βείναι κοντά στο ένα, τότε ένα σοκ τη χρονική στιγμή t θα παραμείνει για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στη συνέχεια. Ωστόσο, τα αποτελέσματα δείχνουν επίσης την παρουσία μιας διαδικασίας επαναφοράς του μέσου όρου και στις δύο περιόδους επειδή το άθροισμα του φαινομένου *ARCH* και *GARCH* είναι κάτω από το ένα.

Επίσης, βασιζόμενοι στα αθροίσματα $\alpha + \beta$, πριν από την περίοδο COVID-19, το Ethereumέχει την πιο αργή μέση αναστροφή και το BinanceCoinέχει την ταχύτερη. Τώρα, κατά τη διάρκεια της περιόδου COVID-19, το Bitcoinέχει την πιο αργή μέση αναστροφή ενώ το BinanceCoinέχει και πάλι την ταχύτερη με το Ethereumνα βρίσκεται στο ενδιάμεσο. Ως εκ τούτου, με βάση τα αποτελέσματα που εξάγονται από το μοντέλο *GARCH* (1, 1), η μελέτη απορρίπτει τη μηδενική υπόθεση ότι είναι «η παρουσία μη μεταβλητότητας» και αποδέχεται την υπόθεση εναλλαγής που είναι «παρουσία αλλαγής στην αστάθεια» και στις δύο περιόδους.

Για την διερεύνηση της υπόθεσης που αφορά την ασυμμετρία, διακρίνουμε τα μοντέλα της μορφής *TGARCH*(1,1). Παρακάτω, στους πίνακες 5 και 6, δίνονται τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από το μοντέλο *TGARCH* (1,1)και για τις δύο επιλεγμένες περιόδους. Θα παρατηρήσουμεότι η παράμετρος του φαινομένου *ARCH* α_1 είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, γεγονός που δείχνει ότι ειδήσεις που έχουν προκαλέσει μεταβλητότητα στις προηγούμενες περιόδους, έχουν ισχυρή επιρροή και στην τρέχουσα μεταβλητότητα (ή διαφορετικά, μετέπειτα μεταβλητότητα). Εν τω μεταξύ, η παράμετρος υπό όρουςδιακύμανσης με χρονική υστέρηση, β_1 , είναι επίσης σημαντική στο 1%, αποδεικνύοντας έτσι την παρουσία συστάδων μεταβλητότητας (volatility clustering) στις αποδόσεις των Bitcoin, Ethereum και BinanceCoin, τόσο πριν όσο και κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19.

Πίνακας 4.5

TGARCH εκτιμήσεις – Before COVID-19

Before COVID-19	Bitcoin	Ethereum	Binance Coin
Mean Equation			
μ	0.0013	0.0008	0.0025
Std. Error	0.0017	0.0021	0.0022
z-Statistic	0.7931	0.3924	1.1414
p - value	0.4277	0.6948	0.2537
Variance Equation			
α_0	0.0004	0.0008	0.0017
Std. Error	0.0001	0.0004	0.0005
z-Statistic	5.5970	1.9678	3.4158
p - value	0.0000	0.0491	0.0006
α_1	0.1888	0.0955	0.1152
Std. Error	0.0524	0.0477	0.0358
z-Statistic	3.6059	1.9993	3.2161
p - value	0.0003	0.0462	0.0014
γ_1	0.1533	0.1510	0.1944
Std. Error	0.0716	0.0540	0.0779
z-Statistic	2.1422	2.7960	2.4955
p - value	0.0327	0.0054	0.0126
β_1	0.4221	0.4902	0.5165
Std. Error	0.0961	0.2464	0.2625
z-Statistic	4.3942	1.9889	1.9674
p - value	0.0000	0.0467	0.0498
Akaike info criterion	-3.9997	-3.5951	-3.4549
Schwarz criterion	-3.9898	-3.4983	-3.4881
Log likelihood	874.2783	765.1883	752.0945

Πίνακας 4.5

Προχωρώντας στην ανάλυσή μας και με βάσει πάλι τα αποτελέσματα που παραθέτουμε στους πίνακες 5 και 6, παρατηρούμε ότι η παράμετρος γάμα ασυμμετρίας (γ) είναι θετική. Το πρόσημο γ δείχνει ότι η ανταπόκριση των επενδυτών στα αρνητικά σοκ είναι μεγαλύτερη από τα θετικά σοκ. Αντικατοπτρίζει επίσης την κατανομή των αποδόσεων των επιλεγμένων κρυπτονομισμάτων που είναι λοξές προς τα αριστερά και στις δύο περιόδους, κάτι που συνεπάγεται και υψηλότερες πιθανότητες αρνητικών αποδόσεων από τις θετικές. Το θετικό πρόσημο της παραμέτρου γ υποδεικνύει επίσης την παρουσία επιδράσεων μόχλευσης στις αποδόσεις των Bitcoin, Ethereum και BinanceCoin, πριν και κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19. Αυτό ωστόσο τεκμαίρεται τόσο από τα αποτελέσματα του $GARCH(1,1)$ όσο και του $TGARCH(1,1)$ μοντέλου, τα οποία δείχνουν την παρουσία ομαδοποίησης μεταβλητότητας, επιδράσεων μόχλευσης και φαινομένων fat-tail στην αγορά κρυπτονομισμάτων πριν και κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19.\

Πίνακας 4.6

TGARCH εκτιμήσεις – During COVID-19

During COVID-19	Bitcoin	Ethereum	Binance Coin
Mean Equation			
μ	0.0026	0.0031	0.0024
Std. Error	0.0012	0.0017	0.0017
z-Statistic	2.0724	1.8107	1.4310
p - value	0.0382	0.0702	0.1524
Variance Equation			
α_0	0.0004	0.0002	0.0001
Std. Error	0.0001	0.0000	0.0000
z-Statistic	7.1297	6.1190	5.1214

p - value	0.0000	0.0000	0.0000
α_1	0.0412	0.0854	0.1651
Std. Error	0.0117	0.0222	0.0203
z-Statistic	3.5381	3.8520	8.1308
p - value	0.0004	0.0001	0.0000
γ_1	0.1467	0.0684	0.0455
Std. Error	0.0374	0.0260	0.0211
z-Statistic	3.9219	2.6326	2.1581
p - value	0.0001	0.0086	0.0315
β_1	0.6528	0.8092	0.8077
Std. Error	0.0491	0.0181	0.0163
z-Statistic	13.3038	44.6091	49.6022
p - value	0.0000	0.0000	0.0000
Akaike info criterion	-3.7881	-3.2552	-3.1822
Schwarz criterion	-3.7391	-3.2322	-3.1532
Log likelihood	1517.3770	1312.8390	1284.9990

Πίνακας 4.6 Πίνακας 4.7 1

Συμπληρωματικά της ανάλυσης που προηγήθηκε, σχετικά και με την υπόθεση της ασυμμετρίας όπως εξετάστηκε με τα μοντέλα *TGARH*, παραθέτουμε παρακάτω τα αποτελέσματα από εκτιμήσεις μοντέλων *EGARH* (πίνακες 7 και 8 αντίστοιχα για πριν την έξαρση της πανδημίας και κατά την διάρκεια της). Σύμφωνα με αυτά, δεν υπάρχει καμία διαφοροποίηση ως προς το effect των συντελεστών *ARCH* και *GARCH* τόσο σε σχέση με τα μοντέλα *GARCH* όσο και με τα μοντέλα *TGARH*. Οι εκτιμήσεις των συντελεστών αυτών είναι προφανώς και στατιστικά σημαντικές, σε επίπεδο σημαντικότητας 1%, εφόσον $p - value < 0.001$.

Πίνακας 4.7

EGARCH εκτιμήσεις – Before COVID-19

Before COVID-19	Bitcoin	Ethereum	Binance Coin
Mean Equation			
μ	0.0009	0.0012	0.0025
Std. Error	0.0016	0.0021	0.0022

z-Statistic	0.5569	0.5476	1.1176
p - value	0.5776	0.5840	0.2637
Variance Equation			
α_0	-2.3781	-0.1303	-11.0739
Std. Error	0.4912	0.0313	0.8155
z-Statistic	-4.8417	-4.1606	-13.5789
p - value	0.0000	0.0000	0.0000
α_1	0.3687	0.0253	0.1709
Std. Error	0.0665	0.0127	0.0480
z-Statistic	5.5463	1.9962	3.5564
p - value	0.0000	0.0465	0.0004
γ_1	-0.1203	-0.0571	-0.1236
Std. Error	0.0361	0.0130	0.0478
z-Statistic	-3.3359	-4.3915	-2.5852
p - value	0.0009	0.0000	0.0097
β_1	0.6892	0.9795	0.7634
Std. Error	0.0657	0.0047	0.1258
z-Statistic	10.4848	207.6116	6.0693
p - value	0.0000	0.0000	0.0000
Akaike info criterion	-3.9931	-3.5214	-3.4473
Schwarz criterion	-3.9463	-3.4746	-3.4005
Log likelihood	873.5071	770.9041	754.7920

Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε και ως προς την ύπαρξη ασύμμετρης επιρροής στη μεταβλητότητα των αποδόσεων μετά από αρνητικές ή θετικές διαταραχές που προκαλούνται από άσχημα ή καλά αντίστοιχα νέα στις αγορές. Και για τα τρία κρυπτονομίσματα που εξετάζονται ως προς τις αποδόσεις τους, οι εκτιμήσεις του συντελεστή γ ο οποίος αναφέρεται στη παράμετρο της ασυμμετρίας, είναι στατιστικά σημαντικές (για κάθε ένα από τα γνωστά επίπεδα σημαντικότητας 10%, 5% και 1%) και με αρνητικό πρόσημο. Αυτό δείχνει μια ισχυρότερη αντίδραση των επενδυτών στα αρνητικά shocks σε σχέση με τα θετικά, κάτι που αντικατοπτρίζεται στις

διακυμάνσεις των αποδόσεων και πιο συγκεκριμένα, στην υψηλή μεταβλητότητα (volatility) αυτών. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτό παρατηρείται και για τις δυο περιόδους που μελετάμε (πριν και κατά τη διάρκεια της πανδημίας).

Πίνακας 4.8
EGARCH εκτιμήσεις – During COVID-19

During COVID-19	Bitcoin	Ethereum	Binance Coin
Mean Equation			
μ	0.0020	0.0032	0.0033
Std. Error	0.0013	0.0017	0.0016
z-Statistic	1.4991	1.8993	2.0725
p - value	0.1338	0.0575	0.0382
Variance Equation			
α_0	-0.5469	-0.4929	-0.4133
Std. Error	0.1223	0.0779	0.0456
z-Statistic	-4.4726	-6.3297	-9.0651
p - value	0.0000	0.0000	0.0000
α_1	0.1186	0.1767	0.2733
Std. Error	0.0311	0.0250	0.0222
z-Statistic	3.8084	7.0791	12.2986
p - value	0.0001	0.0000	0.0000
γ_1	-0.0685	-0.0415	-0.0432
Std. Error	0.0152	0.0156	0.0117
z-Statistic	-4.5003	-2.6613	-3.6796
p - value	0.0000	0.0079	0.0002
β_1	0.9309	0.9414	0.9647
Std. Error	0.0160	0.0119	0.0067
z-Statistic	58.0351	78.8899	144.3384
p - value	0.0000	0.0000	0.0000

Akaike info criterion	-3.7656	-3.2520	-3.1792
Schwarz criterion	-3.7365	-3.2229	-3.1501
Log likelihood	1524.4250	1317.1690	1287.7930

Πίνακας 4.8 1

4.4 Διαγνωστικοί έλεγχοι

Προφανώς, για τη ορθότητα της ανάλυσης και των συμπερασμάτων που προηγήθηκαν, είναι αναγκαίοι κάποιοι έλεγχοι επί των καταλοίπων των επιλεγμένων μοντέλων. Χωρίς καμιά επίπτωση ως προς την ορθότητα των λοιπών υποδειγμάτων που εφαρμοστήκαν, θα εστιάσουμε στα μοντέλα *TGARH*, παραθέτοντας τα αποτελέσματα των ελέγχων που έγιναν ως προς δυο κυρίως κατευθύνσεις: (α) την ύπαρξη αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα και (β) ετεροσκεδαστικότητα.

Αναφορικά με τον έλεγχο αυτοσυσχέτισης, χρησιμοποιήθηκαν τα διαγράμματα αυτοσυσχετίσεων και μερικών αυτοσυσχετίσεων των τυποποιημένων καταλοίπων μέχρι και δώδεκα χρονικές υστερήσεις. Τα συμπεράσματα που μπορούν να συναχθούν, συνοψίζονται στο πίνακα 9 παρακάτω, και για τα οποία έχουμε λάβει υπόψη την στατιστική Q και την αντίστοιχη p – *value* κατά περίπτωση και χρονική υστέρηση. Για όλες τις περιπτώσεις υπόθεση της ύπαρξης αυτοσυσχέτισης στα τυποποιημένα κατάλοιπα απορρίπτεται τουλάχιστον σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Πίνακας 4.9

Έλεγχοι αυτοσυσχετίσεων

		Διάγραμμα	Συμπέρασμα
Bitcoin	Before	Διάγραμμα 6	Δεν αυτοσυσχετίζονται
	During	Διάγραμμα 8	Δεν αυτοσυσχετίζονται
Ethereum	Before	Διάγραμμα 10	Δεν αυτοσυσχετίζονται
	During	Διάγραμμα 12	Δεν αυτοσυσχετίζονται
Binance	Before	Διάγραμμα 14	Δεν αυτοσυσχετίζονται
	During	Διάγραμμα 16	Δεν αυτοσυσχετίζονται

Πίνακας 4.9 1

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	
		1	0.038	0.038	0.6337	0.426
		2	0.016	0.014	0.7416	0.690
		3	0.023	0.022	0.9837	0.805
		4	0.011	0.009	1.0333	0.905
		5	-0.008	-0.009	1.0620	0.957
		6	-0.040	-0.040	1.7677	0.940
		7	0.080	0.083	4.6306	0.705
		8	-0.007	-0.012	4.6513	0.794
		9	-0.108	-0.109	9.8647	0.362
		10	0.086	0.094	13.176	0.214
		11	0.023	0.018	13.410	0.267
		12	0.063	0.063	15.170	0.232

Διάγραμμα 4.7

Correlogram of Standardized Residuals–BTC, before COVID 19

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	
		1	-0.029	-0.029	0.3673	0.544
		2	0.015	0.014	0.4611	0.794
		3	-0.031	-0.030	0.8810	0.830
		4	-0.011	-0.013	0.9351	0.919
		5	-0.003	-0.003	0.9401	0.967
		6	0.012	0.011	1.0029	0.986
		7	-0.015	-0.015	1.1059	0.993
		8	0.048	0.046	2.1248	0.977
		9	0.009	0.013	2.1628	0.989
		10	-0.047	-0.049	3.1677	0.977
		11	-0.012	-0.013	3.2376	0.987
		12	-0.036	-0.034	3.8082	0.987

Διάγραμμα 4.8

Correlogram of Standardized Residuals Squared–BTC, before COVID 19

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	
		1	-0.018	-0.018	0.2766	0.599
		2	0.008	0.008	0.3330	0.847
		3	0.008	0.008	0.3797	0.944
		4	0.015	0.015	0.5574	0.968
		5	0.035	0.036	1.5769	0.904
		6	0.039	0.041	2.8436	0.828
		7	-0.003	-0.003	2.8531	0.898
		8	-0.040	-0.042	4.1622	0.842
		9	0.070	0.067	8.1272	0.521
		10	0.033	0.034	9.0096	0.531
		11	0.006	0.003	9.0345	0.619
		12	-0.021	-0.023	9.3956	0.669

Διάγραμμα 4.9

Correlogram of Standardized Residuals–BTC, during COVID 19

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	
		1	-0.014	-0.014	0.1609	0.688
		2	-0.008	-0.008	0.2124	0.899
		3	-0.012	-0.012	0.3239	0.955
		4	0.057	0.057	2.9778	0.562
		5	0.009	0.011	3.0474	0.693
		6	0.047	0.048	4.8335	0.565
		7	0.061	0.064	7.8810	0.343
		8	0.059	0.060	10.736	0.217
		9	0.053	0.057	13.020	0.162
		10	-0.004	-0.004	13.035	0.222
		11	0.100	0.096	21.206	0.031
		12	0.065	0.063	24.725	0.016

Διάγραμμα 4.10

Correlogram of Standardized Residuals Squared- –BTC, during COVID 19

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1 -0.025	-0.025	0.2730	0.601
		2 0.015	0.015	0.3783	0.828
		3 0.043	0.044	1.1898	0.755
		4 0.014	0.016	1.2792	0.865
		5 0.063	0.062	3.0233	0.696
		6 -0.053	-0.052	4.2654	0.641
		7 0.004	-0.002	4.2723	0.748
		8 0.010	0.006	4.3194	0.827
		9 -0.076	-0.074	6.8849	0.649
		10 0.076	0.071	9.4502	0.490
		11 0.040	0.052	10.176	0.515
		12 0.059	0.064	11.752	0.466

Διάγραμμα 4.11

Correlogram of Standardized Residuals –ETH, before COVID 19

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1 -0.024	-0.024	0.2587	0.611
		2 -0.004	-0.005	0.2668	0.875
		3 0.018	0.018	0.4088	0.938
		4 0.009	0.010	0.4464	0.979
		5 -0.020	-0.019	0.6184	0.987
		6 0.013	0.012	0.6942	0.995
		7 0.011	0.011	0.7497	0.998
		8 -0.026	-0.025	1.0554	0.998
		9 0.001	-0.000	1.0561	0.999
		10 -0.036	-0.037	1.6277	0.998
		11 -0.008	-0.009	1.6568	0.999
		12 -0.039	-0.039	2.3516	0.999

Διάγραμμα 4.11

Correlogram of Standardized Residuals Squared –ETH, before COVID 19

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1 -0.018	-0.018	0.2587	0.611
		2 0.042	0.042	1.7003	0.427
		3 0.028	0.030	2.3411	0.505
		4 0.002	0.001	2.3451	0.673
		5 -0.033	-0.035	3.2112	0.667
		6 0.048	0.046	5.0966	0.531
		7 0.002	0.006	5.0992	0.648
		8 -0.060	-0.063	8.0855	0.425
		9 -0.005	-0.010	8.1047	0.524
		10 0.100	0.105	16.263	0.092
		11 -0.054	-0.044	18.613	0.068
		12 -0.007	-0.021	18.654	0.097

Διάγραμμα 4.12

Correlogram of Standardized Residuals – ETH, during COVID 19

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1 -0.032	-0.032	0.8455	0.358
		2 0.018	0.017	1.1126	0.573
		3 -0.026	-0.025	1.6796	0.641
		4 -0.005	-0.007	1.6981	0.791
		5 0.024	0.025	2.1774	0.824
		6 -0.011	-0.010	2.2807	0.892
		7 0.028	0.026	2.9018	0.894
		8 0.010	0.013	2.9771	0.936
		9 -0.019	-0.019	3.2618	0.953
		10 0.020	0.019	3.5861	0.964
		11 0.050	0.054	5.6732	0.894
		12 0.007	0.008	5.7164	0.930

Διάγραμμα 4.13

Correlogram of Standardized Residuals Squared –ETH, during COVID 19

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	
		1	0.045	0.045	0.9019	0.342
		2	0.049	0.047	1.9723	0.373
		3	0.045	0.041	2.8769	0.411
		4	-0.011	-0.017	2.9332	0.569
		5	0.027	0.025	3.2625	0.660
		6	-0.035	-0.037	3.7908	0.705
		7	0.001	0.003	3.7910	0.804
		8	0.004	0.005	3.7985	0.875
		9	-0.058	-0.055	5.3184	0.806
		10	0.052	0.056	6.5383	0.768
		11	0.049	0.052	7.6242	0.747
		12	0.011	0.006	7.6827	0.809

Διάγραμμα 4.14

**Correlogram of Standardized Residuals –
BNB, before COVID 19**

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	
		1	-0.021	-0.021	0.1981	0.656
		2	0.062	0.061	1.8727	0.392
		3	0.003	0.006	1.8779	0.598
		4	0.042	0.039	2.6588	0.616
		5	-0.034	-0.033	3.1659	0.674
		6	0.025	0.019	3.4425	0.752
		7	-0.031	-0.027	3.8737	0.794
		8	-0.034	-0.039	4.3880	0.821
		9	-0.014	-0.009	4.4717	0.878
		10	-0.052	-0.051	5.6760	0.842
		11	0.025	0.029	5.9596	0.876
		12	-0.037	-0.030	6.5901	0.883

Διάγραμμα 4.15

**Correlogram of Standardized Residuals
Squared –BNB, before COVID 19**

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	
		1	-0.041	-0.041	1.3746	0.241
		2	0.029	0.027	2.0569	0.358
		3	0.021	0.023	2.4053	0.493
		4	0.067	0.068	6.0268	0.197
		5	-0.049	-0.045	7.9874	0.157
		6	0.054	0.046	10.357	0.110
		7	-0.014	-0.011	10.524	0.161
		8	-0.016	-0.022	10.723	0.218
		9	0.042	0.045	12.140	0.206
		10	0.056	0.053	14.746	0.142
		11	-0.001	0.008	14.748	0.194
		12	0.007	0.001	14.788	0.253

Διάγραμμα 4.16

**Correlogram of Standardized Residuals –BNB,
during COVID 19**

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	
		1	-0.028	-0.028	0.6357	0.425
		2	0.046	0.045	2.3195	0.314
		3	-0.029	-0.027	3.0039	0.391
		4	0.022	0.018	3.3854	0.496
		5	-0.005	-0.002	3.4064	0.638
		6	-0.042	-0.045	4.8785	0.559
		7	0.011	0.010	4.9745	0.663
		8	0.007	0.011	5.0155	0.756
		9	0.006	0.003	5.0417	0.831
		10	0.007	0.009	5.0801	0.886
		11	-0.013	-0.013	5.2139	0.920
		12	-0.024	-0.027	5.6860	0.931

Διάγραμμα 4.17

**Correlogram of Standardized Residuals
Squared –BNB, during COVID 19**

Ομοίως πράττουμε για την περίπτωση του ελέγχου ετεροσκεδαστικότητας. Αυτή τη φορά χρησιμοποιήθηκαν τα διαγράμματα αυτοσυσχετίσεων και μερικών αυτοσυσχετίσεων των τετραφωνικών τυποποιημένων καταλοίπων μέχρι και δώδεκα χρονικές υστερήσεις. Βάσει των τιμών της στατιστικής Q και των αντιστοίχων $p - value$ (πίνακας 10) η υπόθεση της ύπαρξης ομοσκεδαστικών καταλοίπων δεν απορρίπτεται τουλάχιστον σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και για όλες τις περιπτώσεις.

Πίνακας 4.10

Έλεγχοι ετεροσκεδαστικότητας

		Διάγραμμα	Συμπέρασμα

Bitcoin	Before	Διάγραμμα 7	Ομοσκεδαστικά κατάλοιπα
	During	Διάγραμμα 9	Ομοσκεδαστικά κατάλοιπα
Ethereum	Before	Διάγραμμα 11	Ομοσκεδαστικά κατάλοιπα
	During	Διάγραμμα 13	Ομοσκεδαστικά κατάλοιπα
Binance	Before	Διάγραμμα 15	Ομοσκεδαστικά κατάλοιπα
	During	Διάγραμμα 17	Ομοσκεδαστικά κατάλοιπα

Πίνακας 4.10

Τέλος, στον πίνακα 11, δίνονται τα αποτελέσματα του ελέγχου ετεροσκεδαστικότητας βάσει δυο εναλλακτικών ελέγχων. Ο πρώτος γίνεται με χρήση του κριτηρίου F και ο δεύτερος βάσει του κριτηρίου $LM = Obs \cdot R^2$ το οποίο ακολουθεί την $chi - squared$ με ένα βαθμό ελευθερίας. Διαπιστώνουμε εύκολα, βάσει των αντιστοίχων $p - values$, ότι η υπόθεση των ομοσκεδαστικών καταλοίπων δεν απορρίπτεται σε καμία των περιπτώσεων και για οποιοδήποτε από τα γνωστά επίπεδα σημαντικότητας (10%, 5% και 1%).

Πίνακας 4.11

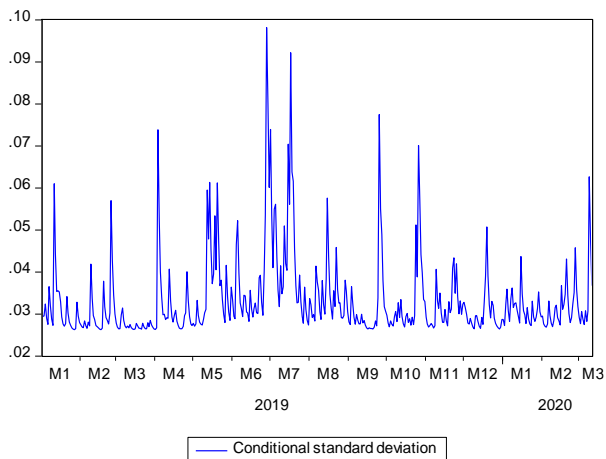
: Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα των υποδειγμάτων TAR_{CH}

		F-statistic	Prob. F(1, df)	Obs · R²	Prob. χ₁²
Bitcoin	Before	0.3627	0.5473	0.3641	0.5462
	During	0.1606	0.6887	0.1610	0.6883
Ethereum	Before	0.2558	0.6133	0.2568	0.6123
	During	0.8414	0.3593	0.8427	0.3586
Binance	Before	0.1956	0.6585	0.1964	0.6577
	During	0.6321	0.4268	0.6332	0.4262

Πίνακας 4.11

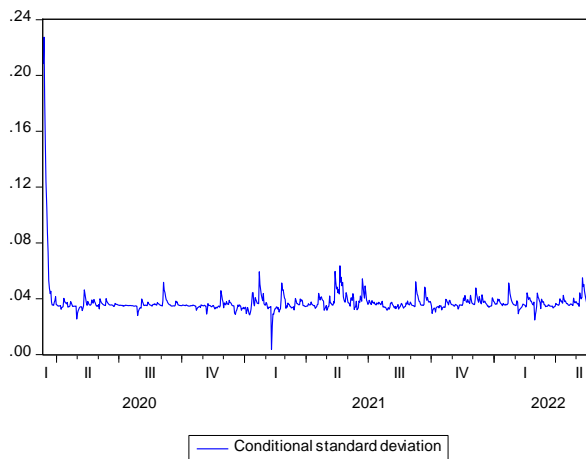
4.5 Προβλέψεις μεταβλητότητας

Εν κατακλείδι, δίνουμε γραφικά τις προβλέψεις των μοντέλων διακύμανσης $TGAR_{CH}$ που εκτιμήθηκαν και αφορούν όλες τις αποδόσεις των κρυπτονομισμάτων, πριν την έξαρση και έπειτα κατά τη διάρκεια της πανδημίας.



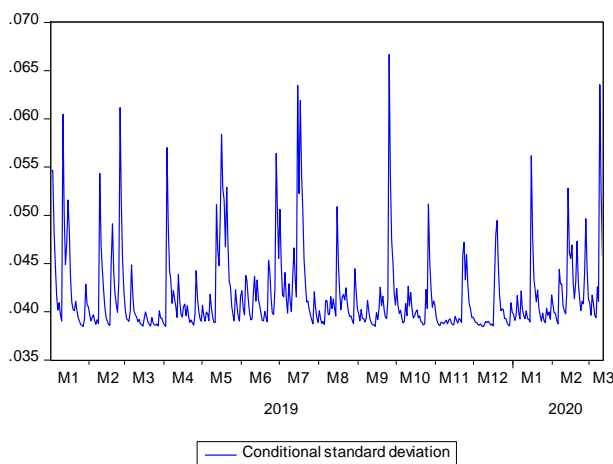
Διάγραμμα 4.18

Πρόβλεψη της υπό συνθήκη τυπικής απόκλιση πριν την πανδημία – Η περίπτωση Bitcoin



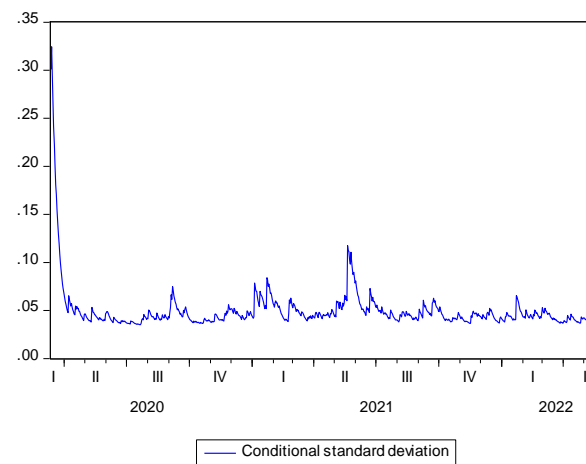
Διάγραμμα 4.19

Πρόβλεψη της υπό συνθήκη τυπικής απόκλιση κατά την διάρκεια της πανδημίας – Η περίπτωση Bitcoin



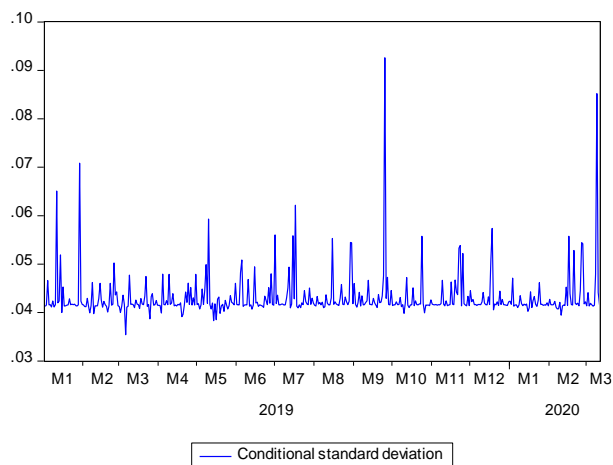
Διάγραμμα 4.20

Πρόβλεψη της υπό συνθήκη τυπικής απόκλιση πριν την πανδημία – Η περίπτωση Ethereum



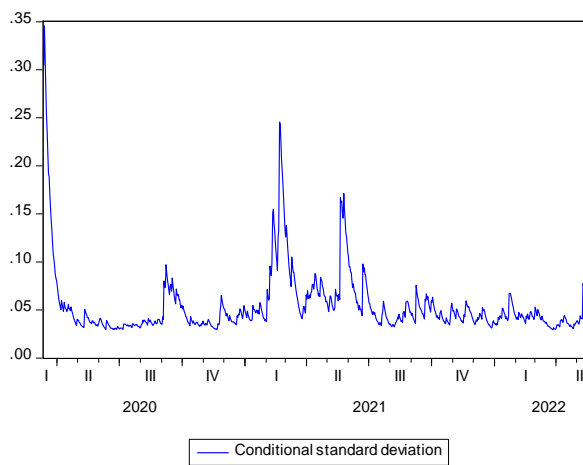
Διάγραμμα 4.21

Πρόβλεψη της υπό συνθήκη τυπικής απόκλιση κατά την διάρκεια της πανδημίας – Η περίπτωση Ethereum



Διάγραμμα 4.22

Πρόβλεψη της υπό συνθήκη τυπικής απόκλιση πριν την πανδημία – Η περίπτωση Binance



Διάγραμμα 4.23

Πρόβλεψη της υπό συνθήκη τυπικής απόκλιση κατά την διάρκεια της πανδημίας – Η περίπτωση Binance

Αξίζει να σημειωθεί εδώ, παρατηρώντας τα διαγράμματα 19, 21 και 23 ότι και για τα τρία κρυπτονομίσματα το volatility των αποδόσεων ξεκινά με πολύ υψηλές τιμές στο ξέσπασμα της πανδημίας οι οποίες εξακολουθούν σε μεγάλη έκταση (όχι όσο η αρχική) και καθ' όλη τη διάρκεια της πανδημίας. Πολύ έντονο είναι το φαινόμενο στη περίπτωση του BinanceCoin. Για να γίνουν αντιληπτές οι επισημάνσεις αυτές θα πρέπει (συγκρίνοντας) να προσέχουμε την κλίμακα στον άξονα τιμών των υπό συνθήκη τυπικών αποκλίσεων πριν και κατά την έναρξη της πανδημίας. Από το 0.07 ή 0.10 πάμε στα 0.24 ή 0.35 κατά περίπτωση (υπερτριπλασιαμός).

4.6 Συμπεράσματα

Η εξάπλωση της πανδημίας του COVID-19 άφησε τα ίχνη της σχεδόν σε κάθε τομέα της ζωής, συμπεριλαμβανομένων των παγκόσμιων χρηματοπιστωτικών αγορών, όπως η αγορά κρυπτονομισμάτων. Στην ανάλυση που προηγήθηκε, έγινε μια προσπάθεια να αναδειχθεί αυτή η επιρροή, μέσω της μοντελοποίησης της μεταβλητότητας των κρυπτονομισμάτων BTC, ETH και BNB σε περιόδους πανδημίας COVID-19. Τα εμπειρικά ευρήματα έδειξαν ότι όλα τα κρυπτονομίσματα παρουσιάζουν ομαδοποίηση μεταβλητότητας, fattails και επιδράσεις μόχλευσης τόσο πριν όσο και κατά τις περιόδους της πανδημίας COVID-19. Επιπλέον, η υπό

όρους μεταβλητότητα των BTC, ETH και BNB επηρεάζεται από τις πρόσφατες ειδήσεις (φαινόμενο *ARCH*) και επίσης από τις παλιές ειδήσεις (φαινόμενο *GARCH*). Αυτά τα σοκ τείνουν να εξαφανίζονται μετά από πολύ καιρό, επομένως η αστάθεια της αγοράς κρυπτονομισμάτων δείχνει μια «επίμονη συμπεριφορά».

Η πανδημία του COVID-19 είναι μια συνεχιζόμενη κρίση που έχει συγκλονίσει την παγκόσμια οικονομία και οι πολιτικές για την εξάλειψη των επιπτώσεων του COVID-19 δεν ήταν αποτελεσματικές μέχρι στιγμής. Το αυξημένο επίπεδο αστάθειας στις χρηματοπιστωτικές αγορές έχει οδηγήσει σε κατάσταση πανικού μεταξύ των επενδυτών κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19. Και με την παρούσα μελέτη (δεδομένου ότι προηγήθηκαν και άλλες), υπογραμμίζεται ο επενδυτικός κίνδυνος και για την αγορά των κρυπτονομισμάτων δεδομένου ότι ένας πολύ μεγάλος όγκος επενδυτών στράφηκε στην αγορά αυτή κυρίως μετά την έξαρση της πανδημίας. Αντιλαμβανόμαστε επομένως, ότι τα συμπεράσματά μας δύναται να βοηθήσουν τελικά τους επενδυτές και τους διαχειριστές χαρτοφυλακίου με τρόπο τέτοιο ώστε να επαναξιολογήσουν τις επενδυτικές στρατηγικές και τις αποφάσεις τους προκειμένου να μειώσουν τον πιθανό κίνδυνο στην αγορά κρυπτονομισμάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

- Αντωνόπουλος Α. (2017). *Mastering Bitcoin*, Εκδόσεις O’reilly Media.
- Δημέλη Σοφία (2013). *Σύγχρονες μέθοδοι ανάλυσης χρονολογικών σειρών*
- Κότιος, Α. (2014). *Νομισματική Θεωρία και Πολιτική – Σημειώσεις*.
- Παζόπουλος Β. (2021) . *Το επενδυτικό εγχειρίδιο του Bitcoin*, Εκδόσεις Euro2day.
- Συριόπουλος Κ. και Φίλιππας Δ. (2010). *Οικονομετρικά υποδείγματα και εφαρμογές με το E-VIEWS*, Εκδόσεις ANIKΟΥΛΑ.

Ξένη

- Brealey, Myers, Allens (2016). *Αρχές χρηματοοικονομικής των επιχειρήσεων* , Εκδόσεις Utopia.
- DeMartino I. (2016). *Bitcoin, ο απόλυτος οδηγός*, Εκδόσεις Φανταστικός Κόσμος.
- Ruey S. Tsay (2005). *Analysis of Financial Time Series, Second Edition Wiley Series in Probability and Statistics*
- StockJ, WatsonM. (2011). *Εισαγωγή στην οικονομετρία*, Εκδόσεις Gutenberg

Papers

- Khan M, Aslam F, Ferreira P (2021). Extreme Value Theory and COVID-19 Pandemic: Evidence from India. *Economic Research Guardian*. 11(1): 2-10
- Kumar AS, Anandarao S (2019). Volatility spillover in crypto-currency markets: Some evidences from GARCH and wavelet analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 524: 448-458
- Lahmiri S, Bekiros S (2020a). The impact of COVID-19 pandemic upon stability and sequential irregularity of equity and cryptocurrency markets. *Chaos, Solitons & Fractals*. 138: 109936.

- Lahmiri S, Bekiros S (2020b). Renyi entropy and mutual information measurement of market expectations and investor fear during the COVID-19 pandemic. *Chaos, Solitons & Fractals*. 139: 110084
- McKenzie M, Mitchell H (2002). Generalized asymmetric power ARCH modelling of exchange rate volatility. *Applied Financial Economics*. 12(8): 555-564
- Mensi W, Sensoy A, Aslan A, Kang SH (2019). High-frequency asymmetric volatility connectedness between Bitcoin and major precious metals markets. *The North American Journal of Economics and Finance*. 50: 101031
- Mnif E, Jarbouli A, Mouakhar K (2020). How the cryptocurrency market has performed during COVID 19? A multifractal analysis. *Finance research letters*. 36: 101647
- Okorie DI, Lin B (2021). Stock markets and the COVID-19 fractal contagion effects. *Finance research letters*. 38: 101640
- Ortmann R, Pelster M, Wengerek ST (2020). COVID-19 and investor behavior. *Finance research letters*. 37: 101717
- Oseni IO, Nwosa PI (2011). Stock market volatility and macroeconomic variables volatility in Nigeria: An exponential GARCH approach. *European Journal of Business and Management*. 3(12): 43-53
- Ozili PK, Arun T (2020). Spillover of COVID-19: impact on the Global Economy. Available at SSRN 3562570
- Pak A, Adegboye OA, Adekunle AI, Rahman KM, McBryde ES, Eisen DP (2020). Economic consequences of the COVID-19 outbreak: the need for epidemic preparedness. *Frontiers in public health*
- Roll R (1989). Price volatility, international market links, and their implications for regulatory policies. In *Regulatory reform of stock and futures markets*
- Savva CS, Michail NA (2017). Modelling house price volatility states in Cyprus with switching ARCH models. *Cyprus Economic Policy Review*. 11(1): 69-82
- Şenol Z, ZEREN F (2020). Coronavirus (COVID-19) and stock markets: The effects of the pandemic on the global economy. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*. 7(4): 1-16

- Sharif A, Aloui C, Yarovaya L (2020). COVID-19 pandemic, oil prices, stock market, geopolitical risk and policy uncertainty nexus in the US economy: Fresh evidence from the wavelet-based approach. *International Review of Financial Analysis*. 70: 101496
- Sharma SS (2020). A note on the Asian market volatility during the COVID-19 pandemic. *Asian Economics Letters*. 1(2): 17661
- Smales LA (2020). Investor attention and global market returns during the COVID-19 crisis. *International Review of Financial Analysis*. 73: 101616
- So MK, Chu AM, Chan TW (2021). Impacts of the COVID-19 pandemic on financial market connectedness. *Finance research letters*. 38: 101864
- Sułkowski Ł (2020). Covid-19 pandemic; recession, virtual revolution leading to de-globalization? *Journal of Intercultural Management*. 12(1): 1-11
- Zhang D, Hu M, Ji Q (2020). Financial markets under the global pandemic of COVID-19. *Finance research letters*. 36: 101528

Διαδικτυακοί Τόποι

- <https://www.el.wikipedia.org/wiki/κρυπτονόμισμα>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/Dogecoin>
- <https://www.coinmarket.gr/odigos-kryptonomismaton/ti-einai-ta-kryptonomismata/>
- <https://www.investopedia.com/terms/a/altcoin.asp>
- <https://www.euro2day.gr/investments/crypto/article/2015517/poso-vohthaei-to-typoma-thn-oikonomia.html>
- <https://www.moneyreview.gr/business-and-finance/markets/33999/i-covid-19-ekane-ta-kryptonomismata-elkystika-alla-akomi-den-ta-katalavainoyme/>
- <https://www.ot.gr/2021/11/26/ot-markets/oi-anisyxies-gia-ton-covid-19-epirezoun-kai-to-bitcoin/>
- <https://www.insider.gr/tax-labour/70113/pos-blepoy-bitcoin-oi-ellines-hrmatistes>
- <https://www.capital.gr/forbes/3605639/fantasteite-mia-kentriki-trapeza-na-sbinei-to-bitcoin-entos-tou-2022>
- <https://www.slideshare.net/PatrickKiraguMwangiB/bitcoin-a-swot-analysis-91047685>
- <https://www.coindesk.com/price/bitcoin/>

- <https://www.investopedia.com/terms/b/bit-gold.asp>
- <https://m.naftemporiki.gr/story/1363055/i-texnologia-blockchain-oi-efarmoges-tis-kai-oi-nomikes-ptuxes-tis>
- <https://coinmarketcap.com/el/currencies/ethereum/>
- <https://www.basecoin.gr/ti-einai-i-ripple-enas-eisagogikos-odigos/>
- <https://www.euro2day.gr/specials/opinions/article/1440031/to-bitcoin-os-to-nomismaths-neas-epohhs.html>
- <https://coinmarketcap.com/all/views/all/>
- <https://www.merriam-webster.com/dictionary/cryptocurrency>
- <https://www.coininsider.com/ico/>
- <https://www.goodreturns.in/classroom/pros-and-cons-of-investing-in-bitcoin-advantages-and-disadvantages-of-bitcoin-cryptocurrency-1209500.html>
- <https://kriptomat.io/gr/kryptonomismata/ti-einai-to-kryptonomisma/>
- <https://www.ethnos.gr/opinions/article/98024/tomellontoyxrhmatoseinaipshfiakohpandhmiathafereipiogrhorathnneapragmatikohta>
- <https://euretirio.com/xrima/>