ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΚΤΙΚΗ

Διπλωματική Εργασία

Η ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΤΟΥ BITCOIN

του

ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΑΣΛΑΝΙΔΗ

Επιβλέπων Καθηγητής: κ. Παναγιώτης Τζιογκίδης

Υποβλήθηκε ως απαιτούμενο για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος στην Εφαρμοσμένη Λογιστική και Ελεγκτική

Οκτώβριος 2022

Σε όλους αυτούς που με στήριξαν
κατά τη διάρκεια των σπουδών μου

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας, φτάνει στο τέλος του ένα μεγάλο, επίπονο, συνάμα όμως, πολύ όμορφο ταξίδι γνώσης, το οποίο πιστεύω πως με έκανε καλύτερο, όχι μόνο από την άποψη της κατάρτισης, αλλά και ως άνθρωπο. Οι δυσκολίες που συνάντησα και οι τρόποι που ανακάλυψα για να τις ξεπεράσω θα είναι εφόδια για το μέλλον.

Πρωτίστως, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και όλους τους δικούς μου ανθρώπους για τη στήριξη και την κατανόηση που έδειξαν σε αυτά τα δύο χρόνια και μπορώ να πω ότι έχουν μεγάλο μερίδιο σε αυτήν την επιτυχία.

Στη συνέχεια, έχω το χρέος να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλο το ακαδημαϊκό προσωπικό του ΠΜΣ στην Εφαρμοσμένη Λογιστική και Ελεγκτική για την αδιάκοπη προσπάθειά τους να μεταδώσουν επαρκώς τις γνώσεις τους, κάτω από τις πολύ δύσκολες συνθήκες που δημιούργησε η πανδημία του κορωνοϊού. Η συνεχής παρακίνησή τους για ανάπτυξη κριτικής σκέψης θα αποτελεί οδηγό στην μετέπειτα πορεία μου.

Επίσης, οφείλω ξεχωριστή μνεία για τον επιβλέποντα της παρούσας εργασίας καθηγητή, κύριο Παναγιώτη Τζιογκίδη, ο οποίος στάθηκε πραγματικός αρωγός στην εκπόνησή της από την αρχή ως το τέλος.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους τους συμφοιτητές μου για τη συνεχή ανταλλαγή γνώσεων και τη βοήθεια που μου έδωσαν ανιδιοτελώς, όποτε τη χρειάστηκα κατά τη διάρκεια των κοινών μας σπουδών.

Περίληψη

Η αποτελεσματικότητα της αγοράς του Bitcoin είναι ένα θέμα που τα τελευταία χρόνια αποτελεί αντικείμενο μελέτης για την επιστημονική κοινότητα, καθώς η προσοχή που έχει δοθεί από το ευρύ κοινό συνέβαλε ώστε να παραμεριστεί, έως ένα σημείο, ο σκεπτικισμός με τον οποίο αντιμετωπίζονταν έως πρόσφατα, ο οποίος προέρχεται, κυρίως, από την αδυναμία κατανόησης της λειτουργίας του.

Με τον όρο αποτελεσματικότητα, εννοείται η πληροφοριακή αποτελεσματικότητα που υπάρχει σε μια αγορά για την ενσωμάτωση όλων των διαθέσιμων πληροφοριών στην τιμή του περιουσιακού στοιχείου. Στην παρούσα εργασία μελετάται η αποτελεσματικότητα της αγοράς του Bitcoin στην ασθενή μορφή της για το διάστημα 2017-2021.

Η αποτελεσματικότητα μπορεί να μετρηθεί με διάφορους ελέγχους, αλλά στην παρούσα εργασία γίνεται χρήση μιας σειράς ελέγχων για την ανεξαρτησία των αποδόσεων, την αυτοσυσχέτισή τους και κατά πόσο η πορεία του κρυπτονομίσματος ακολουθεί έναν τυχαίο περίπατο. Τα ευρήματα δείχνουν ισχυρή αναποτελεσματικότητα της αγοράς του Bitcoin για την περίοδο 2017-2021.

Abstract

Efficiency of Bitcoin market has been recently given more attention by academia, due to the rising interest that has been shown by investors, analysts and media. The initial skepticism has been changed into an effort for a better understanding of cryptocurrency.

By efficiency it is meant the informational efficiency as it has been explicated by Eugene Fama. Informational efficiency means the incorporation of all the public available information into the price of an asset. This dissertation is an attempt to realise if the market of Bitcoin is efficient in its weak form for the 2017-2021 period.

There are many alternative methods to investigate the efficiency, but in this dissertation a variety of tests is used to examine the autocorrelation and the independence of Bitcoin returns and if it follows a random walk. Evidence reveals high inefficiency of Bitcoin market for the period 2017-2021.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες iii

Περίληψη iv

Abstract iv

Περιεχόμενα v

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ 1

Εισαγωγή 1

1.1 Εισαγωγικές Παρατηρήσεις 1

1.2 Σκοπός της εργασίας 2

1.3 Δομή της εργασίας 3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ 5

Εννοιολογικό Υπόβαθρο 5

2.1 Blockchain 5

2.2 Bitcoin 8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ 12

Επισκόπηση Βιβλιογραφίας 12

3.1 Η υπόθεση των Αποτελεσματικών Αγορών 12

3.2 Ανωμαλίες της αγοράς 15

3.3 Κριτική στην Υπόθεση των Αποτελεσματικών Αγορών 17

3.4 Αποτελεσματικότητα και επίπεδο ανάπτυξης αγοράς 19

3.5 Η αποτελεσματικότητα αγορών σημαινόντων περιουσιακών στοιχείων 20

3.6 Εμπειρικές μελέτες για την αποτελεσματικότητα της αγοράς του Bitcoin 23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ 27

Μεθοδολογία 27

4.1 Εισαγωγή 27

4.2 Ανάλυση παλινδρόμησης 27

4.3 Έλεγχος ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας....28
4.4 Έλεγχος αυτοσυσχέτισης των αποδόσεων....31
4.5 Έλεγχος ανεξαρτησίας των αποδόσεων....32
4.6 Έλεγχος λόγου διακύμανσης....33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ....35
Δεδομένα....35
5.1 Δεδομένα....35
5.2 Περιγραφικά στατιστικά....36
5.3 Έλεγχος για την κανονικότητα....37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ....40
Εμπειρικά αποτελέσματα....40
6.1 Ανάλυση παλινδρόμησης....41
6.2 Έλεγχος ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας....42
6.3 Έλεγχος αυτοσυσχέτισης των αποδόσεων....43
6.4 Παραμετρικός έλεγχος ανεξαρτησίας των αποδόσεων....44
6.5 Έλεγχος λόγου διακύμανσης....45
6.6 Συζήτηση Αποτελεσμάτων....45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ....48
Συμπεράσματα....48
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ....51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγικές Παρατηρήσεις

Το Bitcoin μετρά μόλις 12 χρόνια ζωής, παρ' όλ' αυτά η σκόνη που έχει σηκώσει, δεν μπορεί να περάσει απαρατήρητη. Το Bitcoin αποτελεί το πρώτο ψηφιακό νόμισμα και, παράλληλα, είναι η πρώτη εφαρμογή της τεχνολογίας της Blockchain. Η εφεύρεση του κρυπτονομίσματος έγινε το 2009 από τον Satoshi Nakamoto και ο αρχικός του σκοπός ήταν να αποτελέσει ένα αποκεντρωμένο σύστημα πληρωμών και όχι να διαδραματίσει το ρόλο ενός επενδυτικού προϊόντος, όπως γίνεται σήμερα. Η ψηφιοποίηση του χρήματος, στην πραγματικότητα, δεν είναι κάτι καινούργιο, αφού το μεγαλύτερος μέρος του παγκόσμιου χρήματος έχει ψηφιακή μορφή και όχι φυσική. Το στοιχείο που κάνει καινοτόμο το Bitcoin είναι πως, για τη λειτουργία του, δε χρειάζεται καμία κρατική ή άλλη θεσμική παρέμβαση ή εποπτεία.

Τον πρώτο καιρό της δημιουργίας του, το Bitcoin αντιμετωπίστηκε από την ακαδημαϊκή κοινότητα και το επενδυτικό κοινό με καχυποψία και δυσπιστία, καθώς δεν ήταν εύκολο να αντιληφθεί κανείς τον τρόπο λειτουργίας του, αλλά και να αποδεχθεί πως ένα νόμισμα μπορεί να υπάρξει, χωρίς να εκδίδεται και να διαχειρίζεται από κάποια κεντρική τράπεζα. Όμως, η μεγάλη κεφαλαιοποίηση που απέκτησε η αγορά του, ανάγκασε ερευνητές και επενδυτές να ασχοληθούν πιο σοβαρά μαζί του και να εξετάσουν το ενδεχόμενο να αποτελεί αξιόπιστη εναλλακτική για ένα χαρτοφυλάκιο.

Η Υπόθεση των Αποτελεσματικών Αγορών του Eugene Fama, έχει παρόμοια λογική με αυτή της λειτουργίας του Bitcoin, αφού υποστηρίζει πως η αγορά δε χρειάζεται καμία κρατική παρέμβαση και ακόμα και στις μεγαλύτερες κρίσεις αυτορρυθμίζεται και έρχεται σε ισορροπία. Είναι σημαντικό να τονιστεί πως η Υπόθεση του Fama με τον όρο αποτελεσματικότητα εννοεί την πληροφοριακή αποτελεσματικότητα, καθώς ο ορισμός που τη συνοψίζει είναι πως η αγορά συμπεριλαμβάνει όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες στην τιμή της μετοχής, έτσι ώστε αυτή να τις αντικατοπτρίζει άμεσα. Χαρακτηριστική είναι η φράση του Malkiel στο βιβλίο του «Ένας τυχαίος περίπατος στην Wall Street», όπου αναφέρει ότι «ένας χιμπατζής με δεμένα τα μάτια που πετάει βελάκια στην Wall Street Journal, έχει τις ίδιες πιθανότητες να χτίσει ένα πετυχημένο χαρτοφυλάκιο, όπως και κάθε ειδικός». Με αυτή του

την πρόταση, ο Malkiel, ήθελε να τονίσει πως η αγορά είναι τόσο αποτελεσματική που κανείς δεν μπορεί να τη νικήσει και να καρπωθεί υπερβάλλοντα κέρδη προς όφελός του.

1.2 Σκοπός της εργασίας

Η πρόσφατη δημιουργία του Bitcoin, καθώς και η δυσπιστία με την οποία αντιμετωπίστηκε από την ακαδημαϊκή κοινότητα, συνέβαλαν στο γεγονός οι μελέτες που έχουν γίνει για την αποτελεσματικότητα της αγοράς του να είναι πολύ λίγες. Η πιο αναλυτική έρευνα, που αποτελεί και σημείο αναφοράς για πολλές άλλες, είναι αυτή του Urquhart (2016) «Η αναποτελεσματικότητα του Bitcoin», στην οποία ο Urquhart διαπιστώνει την αναποτελεσματικότητα της αγοράς του Bitcoin, αλλά δηλώνει ότι, από τα ευρήματά του, προκύπτει πως η αποτελεσματικότητά του κρυπτονομίσματος αυξάνεται με τον καιρό, αφού όσο ωριμάζει η αγορά του, τόσο περισσότεροι αναλυτές και επενδυτές ασχολούνται με τη μελέτη του. Είναι γνωστό, από την υπάρχουσα βιβλιογραφία, πως αγορές στις οποίες το επίπεδο ωριμότητας είναι υψηλό, τείνουν να χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα σε σχέση με αγορές που βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο. Πιο συγκεκριμένα, οι διαθέσιμες πληροφορίες στις ώριμες αγορές διαδίδονται άμεσα, χωρίς κανένας να έχει τη δυνατότητα να εκμεταλλευθεί κάποιο χρονικό διάστημα μέχρι οι πληροφορίες να αντικατοπτριστούν στην τιμή του περιουσιακού στοιχείου. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, έχει ενδιαφέρον να εξεταστεί αν η αναποτελεσματικότητα που χαρακτήριζε την αγορά του Bitcoin στα πρώιμά της χρόνια οφείλονταν στο γεγονός ότι βρισκόταν σε εμβρυακό στάδιο ή αν η έλλειψη εποπτείας ενισχύει το φαινόμενο της ασύμμετρης πληροφόρησης προς όφελος αυτών που την κατέχουν.

Τα πρώτα χρόνια της δημιουργίας του, το Bitcoin άξιζε μόλις λίγα λεπτά του δολαρίου. Στις αρχές του 2017, όμως, έσπασε το φράγμα των 1.000 δολαρίων και η πορεία του συνέχισε ανοδικά, με αποκορύφωμα τον Απρίλιο του 2021, όπου έφτασε τα 64.800 δολάρια. Σύμφωνα με το Coinmarketcap, η κεφαλαιοποίηση του κρυπτονομίσματος έως το 2016 βρισκόταν κατά μέσο όρο στα 10 δισεκατομμύρια δολάρια, ενώ σήμερα βρίσκεται περίπου στα 370 δισεκατομμύρια δολάρια και το 2021 έφτασε έως τα 1,21 τρις δολάρια.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να εξετάσει την αποτελεσματικότητα της αγοράς του Bitcoin στην ασθενή της μορφή και κατ' επέκταση να απαντήσει στο ερώτημα αν υπάρχουν ευκαιρίες υπερβαλλόντων κερδών. Σε συνέχεια της έρευνας του Urquhart, η οποία περιείχε δεδομένα πριν τη μεγάλη αύξηση της κεφαλαιοποίησης της αγοράς του κρυπτονομίσματος και

όταν αυτή βρισκόταν σε χαμηλότερο επίπεδο ωρίμανσης, μελετάται αν οι ενδείξεις που είχε ο εν λόγω ερευνητής επιβεβαιώνονται ή ήταν απλώς ένα εσφαλμένο σήμα που έστελναν τα δεδομένα.

1.3 Δομή της εργασίας

Στο 2ο κεφάλαιο της εργασίας αναπτύσσεται το εννοιολογικό υπόβαθρο που είναι απαραίτητο για να γίνει γνωστή η λειτουργία του κρυπτονομίσματος, αλλά και να αποκαλυφθούν κάποια στοιχεία για να γίνει αντιληπτή η συμπεριφορά του. Επιπρόσθετα, παρατίθενται επιστημονικά άρθρα και μελέτες σχετικά με τη φύση του κρυπτονομίσματος, αν μπορεί να θεωρηθεί επενδυτικό προϊόν και, τέλος, ποιοι είναι οι παράγοντες που προκαλούν το ενδιαφέρον για αυτό.

Στο 3ο κεφάλαιο γίνεται η ανάλυση της Υπόθεσης των Αποτελεσματικών Αγορών, η οποία αναπτύχθηκε από τον Eugene Fama, καθώς και της κριτικής που της ασκήθηκε. Παρουσιάζονται οι απόψεις των διαφόρων σχολών σκέψης για τους παράγοντες που συμβάλλουν στις αποφάσεις που λαμβάνουν οι επενδυτές. Επίσης, μέσω ερευνητικών μελετών, εξετάζεται αν η ανάπτυξη μιας οικονομίας συμβάλλει στην αποτελεσματικότητα της αγοράς της. Τέλος, αναπτύσσεται η έννοια της αποτελεσματικότητας για βασικά περιουσιακά στοιχεία και, πιο συγκεκριμένα, του πετρελαίου, του χρυσού, των μετοχών, αλλά και αυτή των κρυπτονομισμάτων. Επίσης, παρουσιάζονται εμπειρικές μελέτες που έχουν γίνει στο παρελθόν, με αντικείμενο την αποτελεσματικότητα του Bitcoin. Συμπεριλήφθηκαν μελέτες οι οποίες πραγματεύονται την αποτελεσματικότητα του Bitcoin, την ασύμμετρη πληροφόρηση στην αγορά του, καθώς και το αν η αλλαγή της νομισματικής πολιτικής μιας Κεντρικής Τράπεζας δύναται να επηρεάσει την απόδοσή του.

Στο 4ο κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για να απαντηθεί το ερευνητικό ερώτημα που έχει τεθεί, καθώς και ο λόγος που επιλέχθηκαν οι συγκεκριμένες μορφές ελέγχου.

Στο 5ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα δεδομένα που αντλήθηκαν για την περίοδο που μελετάται, και γίνεται μια παρουσίαση των περιγραφικών στατιστικών τους, καθώς και της αξιοπιστίας τους.

Το 6ο κεφάλαιο αποτελεί την παρουσίαση των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν από την έρευνα περί της αποτελεσματικότητας του Bitcoin. Για να εξεταστεί αν η αγορά του Bitcoin είναι αποτελεσματική στην αδύναμη μορφή της, πραγματοποιήθηκε μια σειρά από ελέγχους

για την τυχαιότητα που ακολουθεί η πορεία του. Πρώτα, εξετάστηκε η πιθανότητα της στοχαστικής διαδικασίας μέσω του υποδείγματος τυχαίου περιπάτου. Δεύτερον, ελέγχθηκε, μέσω επαυξημένου ελέγχου Dickey-Fuller (ADF), η στασιμότητα για τις τιμές, τις πρώτες διαφορές και τις αποδόσεις του κρυπτονομίσματος. Τρίτον, εφαρμόστηκε έλεγχος Ljung-Box για την αυτοσυσχέτιση των αποδόσεων, ο οποίος έχει ως μηδενική υπόθεση τη μη ύπαρξη αυτοσυσχέτισης. Τέταρτον, διενεργήθηκε το μη παραμετρικό run test Wald-Wolfowitz για την ανεξαρτησία των αποδόσεων, όπου έχει ως μηδενική υπόθεση πως οι αποδόσεις είναι ανεξάρτητες. Επίσης, έγινε χρήση του ελέγχου Lo-MacKinlay, ο οποίος είναι ένα τεστ λόγου διακύμανσης, υπό τη μηδενική του υπόθεση του οποίου οι αποδόσεις ακολουθούν ένα τυχαίο περίπατο. Τέλος, το κεφάλαιο κλείνει με μια συζήτηση πάνω στα αποτελέσματα της έρευνας.

Στο 7^{ο} κεφάλαιο αναλύονται τα συμπεράσματα στα οποία οδηγούν τα αποτελέσματα του εμπειρικού μέρους της εργασίας, σε συνδυασμό με την υπάρχουσα βιβλιογραφία. Γίνεται μια επανάληψη όσων έχουν ήδη αναλυθεί στο σύνολο της εργασίας, αναφέρονται οι περιορισμοί που αντιμετωπίστηκαν και παρατίθενται οι προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Εννοιολογικό Υπόβαθρο

2.1 Blockchain

Η τεχνολογία της Blockchain, αν και έγινε ευρέως γνωστή λόγω της χρήσης της από το δίκτυο που χρησιμοποιεί το Bitcoin, πρωτοδημιουργήθηκε πολύ νωρίτερα. Το 1983, ο κρυπτογράφος David Chaum πρότεινε ένα νέο σύστημα αυτόματων πληρωμών, στο οποίο θα χρησιμοποιούνταν ψηφιακές υπογραφές με τη βοήθεια της κρυπτογραφίας, διασφαλίζοντας έτσι την ιδιωτικότητα των συναλλασσομένων, αλλά και την ασφάλεια των συναλλαγών. Το νέο αυτό σύστημα πληρωμών προσομοιάζει αρκετά στη λειτουργία της Blockchain. Το 1991, οι Stuart Haber και W. Scott Stornetta ήταν αυτοί που πρότειναν πρώτοι τη χρήση της Blockchain. Υποστήριξαν τη χρήση χρονοσφραγίδων (time-stamp) μέσω των οποίων θα ήταν αδύνατο από κάποιον να τροποποιήσει την ημερομηνία δημιουργίας των ψηφιακών αρχείων, αλλά και να αλλάξει το περιεχόμενό τους εκ των υστέρων. Σήμερα, η Blockchain χρησιμοποιείται για τη λειτουργία των περισσότερων κρυπτονομισμάτων, αλλά και σε άλλους τομείς, όπως στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, τις μεταφορές, την ψηφοφορία στις εκλογές κτλ. Γενικότερα, η Blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιονδήποτε τομέα είναι απαραίτητο να αποθηκεύονται δεδομένα με ασφάλεια και να καθίσταται αδύνατο να τροποποιηθούν εκ των υστέρων.

Η Blockchain, όπως υποδεικνύει και το όνομά της, είναι μια αλυσίδα από ψηφιακά blocks, τα οποία είναι άρρηκτα συνδεδεμένα μεταξύ τους με τη χρήση μεθόδων κρυπτογραφίας. Κάθε ψηφιακό block έχει συγκεκριμένη χωρητικότητα και περιέχει α) πληροφορίες οι οποίες είναι απαραίτητες για το δίκτυο που τη χρησιμοποιεί, β) το δικό του hash και γ) το hash του προηγούμενου block. Κάθε καινούργιο block που δημιουργείται στην Blockchain λειτουργεί σαν μια λευκή σελίδα, στην οποία καταγράφονται όλες οι πληροφορίες που δίνονται από το δίκτυο, και έχει τη μορφή ενός προσωρινού block έως ότου φτάσει το μέγιστο της χωρητικότητάς του. Κατά την πλήρωση του block, δημιουργείται το hash.

Το hash είναι μια αλφαριθμητική συμβολοσειρά, η οποία επαληθεύει την ταυτότητα τού block, και είναι τόσο μοναδικό, όσο ένα δακτυλικό αποτύπωμα. Σε περίπτωση που αλλάξει το περιεχόμενο του block, τότε δημιουργείται ένα νέο hash και το παλιό καθίσταται άκυρο. Το

γεγονός πως κάθε block περιέχει το hash τού προηγούμενου block, καθώς και η μοναδικότητα τού κάθε hash, είναι η αιτία που τα blocks συνδέονται άρρηκτα μεταξύ τους. Αυτή η αλληλουχία έχει ως συνέπεια την επαλήθευση των πληροφοριών που περιέχονται στο τελευταίο hash και, κατ' επέκταση, των δεδομένων που περιέχουν τα προηγούμενα blocks. Το μοναδικό block το οποίο δεν περιέχει το hash του προηγούμενου block είναι το πρώτο block της Blockchain, που ονομάζεται και genesis block.

Το hash από μόνο του δεν μπορεί να εξασφαλίσει πως το περιεχόμενο της Blockchain δε θα αλλοιωθεί. Ο υλικοτεχνικός εξοπλισμός που κατέχουν οι σύγχρονοι υπολογιστές καθιστά εφικτό τον υπολογισμό εκατομμυρίων ή ακόμα και δισεκατομμυρίων hashes το δευτερόλεπτο. Οπότε, σε περίπτωση κάποιας κακόβουλης επίθεσης, θα ήταν δυνατό σε λίγο χρόνο να αλλοιωθεί το περιεχόμενο της Blockchain, να υπολογιστούν τα hashes για όλα τα blocks, άρα να γίνει η Blockchain έγκυρη εκ νέου, περιέχοντας δεδομένα προς το συμφέρον αυτών που εκτέλεσαν την επίθεση. Για να αποφευχθεί κάτι τέτοιο, γίνεται χρήση του Proof of Work, το οποίο και συμβάλλει στην επιβράδυνση δημιουργίας νέων blocks. Κάθε χρήστης ο οποίος προσπαθεί να ανακαλύψει το σωστό hash για να κλειδώσει το τελευταίο πλήρες block, κάνει κάποιους υπολογισμούς σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Η διαδικασία ανεύρεσης του σωστού hash για κάθε block ονομάζεται mining και ο χρήστης της Blockchain που θα το ανακαλύψει πρώτος, θα επιβραβευτεί με ένα ποσό ψηφιακών κρυπτονομισμάτων για την εργασία που πραγματοποίησε. Αναλόγως του αριθμού των χρηστών που συμμετέχουν στο mining και του εξοπλισμού που χρησιμοποιούν για να το πραγματοποιήσουν, υπάρχει και ένας τεχνητός συντελεστής δυσκολίας για τη διαδικασία επίλυσης. Για παράδειγμα, στο Bitcoin, για να δημιουργηθεί κάποιο καινούργιο block, χρειάζονται 10 λεπτά περίπου και η πολυπλοκότητα του mining μεταβάλλεται αντίστοιχα, έτσι ώστε να διατηρείται ως χρόνος ανεύρεσης του hash το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Το γεγονός πως υπάρχει συγκεκριμένος συντελεστής δυσκολίας και απαιτείται ο κατάλληλος χρόνος και υλικοτεχνικός εξοπλισμός για την ανεύρεση του σωστού hash, έχει δώσει στην διαδικασία αυτήν, την ονομασία Proof of Work. Ο όρος αυτός υποδεικνύει πως ο χρήστης που πραγματοποίησε την ανεύρεση του σωστού hash έχει υλοποιήσει όλη εκείνη την εργασία που απαιτούνταν για να το επιτύχει.

Πέραν των hashes και Proof of Work, υπάρχει και μια τρίτη δικλείδα ασφαλείας και αυτή είναι η μορφή της Blockchain η οποία λειτουργεί ως ένα ανοιχτό ή μερικώς ανοιχτό καθολικού. Σε αντίθεση με τα συμβατικά νομίσματα όπου υπάρχει μια κεντρική αρχή για τη διαχείρισή τους, η Blockchain κάνει χρήση ενός peer to peer δικτύου που είναι προσβάσιμο από τον καθένα. Κάθε χρήστης, από τη στιγμή που θα αρχίσει να κάνει χρήση της Blockchain,

λαμβάνει ένα αντίγραφό της και, με αυτόν τον τρόπο, έχει τη δυνατότητα να διαπιστώσει την εγκυρότητά της. Επιπλέον, με τη μετατροπή ενός block από προσωρινό σε έγκυρο, αφού δηλαδή ανευρεθεί το ορθό hash, αυτό αποστέλλεται σε όλους τους χρήστες του δικτύου και επαληθεύεται ότι το block είναι ασφαλές και δεν έχει παραβιαστεί. Η παραπάνω διαδικασία επιτρέπει στον κάθε χρήστη να εισαγάγει το νέο αυτό block με ασφάλεια στο αντίγραφο της Blockchain που έχει στην κατοχή του. Το γεγονός πως ο κάθε χρήστης αποδέχεται την εγκυρότητα του κάθε block, ασχέτως αν έχει πραγματοποιήσει ο ίδιος ή όχι τις απαραίτητες διαδικασίες για την ανεύρεση του ορθού hash και την πραγματοποίηση του Proof of Work, δηλώνει πως δημιουργείται μια κοινή συμφωνία μεταξύ των χρηστών σχετικά με την αξιοπιστία δημιουργίας νέων blocks. Θεωρητικά, για να παραβιαστεί το περιεχόμενο της Blockchain, θα πρέπει ένας χρήστης ή μια ομάδα χρηστών να κατέχει πάνω από το 50% της συνολικής ισχύος mining του δικτύου, να αλλάξει το περιεχόμενο όλων των blocks και να πραγματοποιήσει εκ νέου το Proof of Work για αυτά, κάτι που είναι ουσιαστικά ανέφικτο.

Η χρήση της Blockchain είναι απαραίτητη για τη λειτουργία των κρυπτονομισμάτων, επειδή μια ψηφιακή συναλλαγή, σε αντίθεση με μια συναλλαγή όπου το νόμισμα ανταλλάσσεται σε φυσική μορφή, προϋποθέτει την ύπαρξη ενός τρίτου μέρους που θα έχει το ρόλο του μεσάζοντα, ο οποίος, με μια προμήθεια, θα εξασφαλίσει την πραγματοποίηση της συναλλαγής και για τα δύο μέρη. Το ρόλο του μεσάζοντα σε συναλλαγές με συμβατικά νομίσματα έχουν συνήθως τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα ή άλλες εταιρείες που παρέχουν χρηματοοικονομικές υπηρεσίες (π.χ. Western Union, Paypal κτλ). Το στοιχείο που καθιστά το χρηματοπιστωτικό σύστημα ως αξιόλογο μεσάζοντα είναι η εμπιστοσύνη που παρέχει πως η συναλλαγή θα καταγραφεί ορθά, χωρίς να ζημιωθεί κάποιο από τα δύο μέρη. Επίσης, το αυστηρό νομικό πλαίσιο κάτω από το οποίο λειτουργούνε τα τραπεζικά ιδρύματα προσδίδει το αίσθημα της ασφάλειας. Στην περίπτωση των κρυπτονομισμάτων, η εμπιστοσύνη χτίζεται από την προστασία που παρέχει η κρυπτογραφία, μέσω των ισχυρών και περίπλοκων αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται. Πέραν της εμπιστοσύνης, η κρυπτογραφία προστατεύει το δίκτυο από κακόβουλες επιθέσεις, σε αντίθεση με τα τραπεζικά ιδρύματα όπου, αρκετά συχνά, hackers παρεισφρέουν στα ηλεκτρονικά συστήματά τους.

2.2 Bitcoin

Το Bitcoin είναι ένα peer to peer σύστημα πληρωμών και ένα αμιγώς ψηφιακό αποκεντρωμένο συνάλλαγμα ανοιχτού κώδικα, για τη διαχείριση του οποίου χρησιμοποιούνται μέθοδοι κρυπτογραφίας.

Το κρυπτονόμισμα δημιουργήθηκε το 2008 από ένα άγνωστο άτομο ή μια ομάδα ατόμων με το ψευδώνυμο Satoshi Nakamoto και ήταν ουσιαστικά η πρώτη ευρεία χρήση της τεχνολογίας της Blockchain. Στη Λευκή Βίβλο που εκδόθηκε, περιγράφονταν ο σκοπός του Bitcoin και η επανάσταση που θα έφερνε στο χρηματοπιστωτικό τομέα. Σύμφωνα με τη Λευκή Βίβλο, το Bitcoin θα αποτελούσε μια peer to peer μέθοδο ηλεκτρονικών πληρωμών που θα επέτρεπε ένα μέρος να πραγματοποιήσει μια συναλλαγή με ένα άλλο μέρος, χωρίς να παρεμβάλλεται κάποιο χρηματοπιστωτικό ίδρυμα. Την εγκυρότητα της συναλλαγής θα την εξασφάλιζαν όχι μόνο οι ψηφιακές υπογραφές των δύο μερών, αλλά και ένα δίκτυο peer to peer το οποίο θα απέτρεπε τη διπλή δαπάνη (double spending), μέσω μιας ηλεκτρονικής χρονοσφραγίδας που θα έβαζε το δίκτυο στη συναλλαγή, κάνοντας χρήση κρυπτογραφικών συναρτήσεων κατατεμαχισμού (cryptographic hash functions), οι οποίες θα δημιουργούσαν μια συνεχή αλυσίδα που κάθε κρίκος της θα περιείχε σε ένα κουτί όλες τις συναλλαγές που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι εκείνη τη συγκεκριμένη στιγμή. Το δίκτυο, συνεργαζόμενο μεταξύ του, θα πετύχαινε όχι μόνο τη λειτουργία της Blockchain, αλλά και την ασφάλειά του, καθώς θα υπήρχε ένας βαθμός δυσκολίας και κάποια εργασία που θα έπρεπε να κάνουν οι χρήστες του δικτύου, ώστε να εισέλθει νέο block στην Blockchain.

Το Bitcoin σχεδιάστηκε για να γίνει το μέσο για συναλλαγές χωρίς την συμμετοχή κάποιας κεντρικής τράπεζας. Με απλά λόγια, για να γίνει ένα ψηφιακό νόμισμα ανεξάρτητο από κάθε κρατική παρέμβαση. Το ερώτημα που προκύπτει, όμως, είναι ποια είναι η ταυτότητα του κρυπτονομίσματος ως περιουσιακού στοιχείου. Δηλαδή, αν συμπεριφέρεται όντως ως νόμισμα ή αν προσομοιάζει σε κάποιο άλλο γνωστό περιουσιακό στοιχείο. Ο Yermack (2015) κατέληξε πως το Bitcoin δεν παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά ενός συμβατικού νομίσματος που λειτουργεί ως ανταλλακτικό μέσο, καθώς η μεταβλητότητά του είναι πολύ υψηλή σε σχέση με τα υπόλοιπα νομίσματα, αλλά και οι ημερήσιες συναλλαγματικές ισοτιμίες του δείχνουν να έχουν μηδενική συσχέτιση με τα ευρέως χρησιμοποιούμενα νομίσματα και με το χρυσό, καθιστώντας το μη χρήσιμο για την αντιστάθμιση κινδύνου. Επίσης, το γεγονός ότι δεν είναι αποδεκτό σε μεγάλο μέρος των εμπόρων, σε συνδυασμό με τα πολλά δεκαδικά ψηφία με μηδενικά αρχικά που απαιτούνται για μια συναλλαγή λιανικής, δημιουργεί πρόβλημα στην

ευρεία χρήση του. Τέλος, φαίνεται να λειτουργεί πιο πολύ ως κερδοσκοπικό μέσο, παρά ως νόμισμα. Η Dyhrberg (2016) διαπίστωσε αρκετές ομοιότητες στη συμπεριφορά του Bitcoin με το χρυσό και το δολάριο, οι οποίες το καθιστούν αξιόπιστο μέσο συναλλαγής και αντιστάθμισης κινδύνου. Μάλιστα, το χαρακτηρίζει ως ιδανικό για επενδυτές που αποστρέφονται τον κίνδυνο εν αναμονή αρνητικών σοκ στην αγορά. Τέλος, το ταξινομεί κάπου ανάμεσα στο χρυσό και στο δολάριο, σε μια κλίμακα από καθαρά πλεονεκτήματα μέσου ανταλλαγής έως καθαρά πλεονεκτήματα μέσου αποθήκευσης της αξίας. Οι Baur et al. (2018) εξέτασαν αν το Bitcoin είναι μέσο συναλλαγής ή ένα μέσο κερδοσκοπίας. Το χαρακτήρισαν ως ένα υβριδικό οικονομικό αγαθό, το οποίο συνδυάζει χαρακτηριστικά που έχουν άλλα αγαθά, όπως ο χρυσός, και άλλες παραστατικές νομισματικές μονάδες, όπως το αμερικάνικο δολάριο. Όπως υποστηρίζουν, το Bitcoin έχει τη σπανιότητα που έχει ο χρυσός και την ανταλλαξιμότητα που έχει το δολάριο.

Το αυξημένο ενδιαφέρον για το Bitcoin δημιούργησε την ανάγκη καλύτερης κατανόησης των οικονομικών του κρυπτονομίσματος και, πιο συγκεκριμένα, στους παράγοντες που συμβάλλουν στον καθορισμό της τιμής του. Οι Ciaian et al. (2016), μελετώντας τα δεδομένα της τιμής του κρυπτονομίσματος για την περίοδο 2009-2015, διαπίστωσαν ότι οι δυνάμεις της αγοράς που καθορίζουν τη ζήτηση και την προσφορά διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της τιμής του, και πως το μοντέλο τιμολόγησης προσομοιάζει σε αυτό ενός συμβατικού νομίσματος και όχι κάποιου άλλου περιουσιακού στοιχείου. Πιο συγκεκριμένα, το μέγεθος της αγοράς του έχει θετική σχέση με το ίδιο το Bitcoin και δεδομένου ότι η προσφορά είναι εξωγενής παράγοντας, η ζήτησή του είναι αυτή που καθορίζει την τιμή. Επίσης, από τα ευρήματά τους συμπεραίνουν πως οι νέες πληροφορίες επιδρούν θετικά και αυτό είναι αποτέλεσμα της αύξησης της εμπιστοσύνης ανάμεσα στους χρήστες του δικτύου του. Παρ’ όλ’ αυτά, η θετική επίδραση των νέων πληροφοριών ισχύει μόνο για το βραχυπρόθεσμο διάστημα και μακροπρόθεσμα δεν έχουν κανένα αντίκτυπο. Επίσης, υποστηρίζουν ότι οι κερδοσκοπικές κινήσεις των επενδυτών επηρεάζουν την τιμή του Bitcoin, καθώς παρατήρησαν πως οι αναζητήσεις και οι ενημερώσεις στην Wikipedia υποδεικνύουν μια βραχυπρόθεσμη κερδοσκοπική συμπεριφορά. Τέλος, μελετώντας το δείκτη Dow-Jones και, πιο συγκεκριμένα, τη σχέση μεταξύ συναλλαγματικής ισοτιμίας του κρυπτονομίσματος και τιμής πετρελαίου, καταλήγουν πως η παγκόσμια μακροοικονομική ανάπτυξη δεν έχει επίδραση στην τιμή του, παρά μόνο για το σύντομο βραχυπρόθεσμο διάστημα. Οι Bouoiyour et al. (2016), έκαναν χρήση μιας τεχνικής Empirical Mode Decomposition με την οποία ένα πολύπλοκο μείγμα δεδομένων, όπως είναι οι

παράγοντες που καθορίζουν την τιμή του κρυπτονομίσματος, διασπάται σε ένα μικρότερο αριθμό συμπαγών ακολουθιακών επικρατουσών τιμών που επιδέχονται μετασχηματισμούς Hilbert. Βασιζόμενοι στα αποτελέσματα που είχε ο τρόπος μελέτης τους, υποστηρίζουν πως το Bitcoin δεν αποτελεί μια κερδοσκοπική φούσκα και πως τα μακροπρόθεσμα θεμελιώδη στοιχεία είναι από τους κυριότερους παράγοντες καθορισμού της τιμής του κρυπτονομίσματος. Οι Bouoiyour and Selmi (2017), κάνοντας χρήση μιας Μπεϋζιανής παλινδρόμησης, κατάφεραν να κατηγοριοποιήσουν τους παράγοντες που καθορίζουν την τιμή του Bitcoin. Θεωρούν ότι οι πιο ισχυροί παράγοντες (κερδοσκοπία και ενδιαφέρον για το κρυπτονόμισμα) είναι αυτοί που υπάρχουν όταν η αγορά βρίσκεται σε bull state (επιθετική στάση), έπειτα αυτοί της normal state (κανονική στάση), όπως η ταχύτητα της ανεύρεσης νέων hashes, και τελευταίοι αυτοί της bear state (αμυντική στάση), οι οποίοι σχετίζονται με μακροοικονομικούς δείκτες, την τιμή του χρυσού και τη συναλλαγματική ισοτιμία του Bitcoin. Επίσης, υποστηρίζουν πως η δυναμική του κρυπτονομίσματος είναι η ίδια με του χρυσού σε περιόδους κρίσεων, καθώς και τα δύο περιουσιακά στοιχεία θεωρούνται ασφαλή επενδυτικά καταφύγια.

Την τελευταία δεκαετία, το Bitcoin έχει προκαλέσει το μεγάλο ενδιαφέρον τόσο των Μ.Μ.Ε., της ακαδημαϊκής κοινότητας, όσο και των επενδυτών και του ευρέος κοινού. Τι είναι αυτό, όμως, που προκαλεί το ενδιαφέρον για το Bitcoin; Ο Urquhart (2018), εκμεταλλευόμενος τα αποτελέσματα του Google Trends για την περίοδο 2010-2017, παρατήρησε πως η μεταβλητότητα και ο όγκος συναλλαγών της προηγούμενης ημέρας είναι οι δύο κύριοι παράγοντες που προκαλούν το ενδιαφέρον για το Bitcoin, όπως και ότι οι αποδόσεις αυξάνουν την προσοχή του κοινού, αλλά με δύο ημέρες καθυστέρηση. Οι Dastgir et al. (2019) αναφέρουν πως υπάρχει άμεση σχέση των αποδόσεων με το ενδιαφέρον που δίνεται στο Bitcoin. Οι Philippas et al. (2019) μελετώντας την επιρροή που έχουν τα πληροφοριακά σήματα που δίνονται από το Twitter και το Google Trends, παρατήρησαν πως το Twitter λειτουργεί πιο πολύ ως πηγή προσφοράς πληροφοριών, ενώ το Google ως πηγή ζήτησης πληροφοριών. Επίσης, κατέληξαν πως τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, συντελούν μόνο μερικώς στην αλλαγή των τιμών του Bitcoin και έχουν μεγαλύτερη επίδραση σε περιόδους αβεβαιότητας. Οι Shen et al. (2019) ερεύνησαν αν είναι δυνατό να προβλεφθούν οι μελλοντικές αποδόσεις του Bitcoin από το Twitter, και τα αποτελέσματά τους έδειξαν μια ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της ποσότητας των tweets και του όγκου των συναλλαγών της επόμενης ημέρας. Οι Bohr and Bashir (2014) υποστήριξαν πως σημαντικό ρόλο για την αποδοχή, την αισιοδοξία και την έλξη προς το Bitcoin διαδραματίζουν, μεταξύ άλλων, η ηλικία, ο χρόνος της αρχικής χρήσης, η γεωγραφική τοποθεσία και ο πολιτικός προσανατολισμός.

Παρά τον αρχικό του σκοπό, το Bitcoin λειτουργεί και ως επενδυτική επιλογή, οπότε παρουσιάζει ενδιαφέρον να γνωρίζουμε αν αποτελεί μια αξιόπιστη επιλογή για το σχηματισμό ενός επενδυτικού χαρτοφυλακίου. Οι Baur et al. (2018) διαπίστωσαν πως οι αποδόσεις του Bitcoin διαφέρουν κατά πολύ σε σχέση με τα παραδοσιακά περιουσιακά στοιχεία, συμπεριλαμβανομένων των νομισμάτων, τόσο σε περιόδους ανάκαμψης, όσο και σε περιόδους κρίσεων. Επίσης, σύμφωνα με τα ευρήματά τους, το μεγαλύτερο μέρος των κατόχων Bitcoin το διακρατούσαν αποκλειστικά για επενδυτικούς σκοπούς. Δηλαδή, προχωρούσαν μόνο σε αγορά και ποτέ σε πώληση. Μόνο μια μειοψηφία των κατόχων το χρησιμοποιούσε ως μέσο συναλλαγής. Λόγω των παραπάνω, υποστηρίζουν πως θα πρέπει να θεωρείται περισσότερο ως μέσο κερδοσκοπίας, παρά ως ένα εναλλακτικό νόμισμα. Οι Bouoiyour and Selmi (2015), εξετάζοντας αν το Bitcoin είναι μια αξιόπιστη επενδυτική επιλογή, υποστηρίζουν πως δεν υπάρχουν ενδείξεις για κάτι τέτοιο και αμφισβητούν ακόμα και τη μελλοντική του ύπαρξη, καθώς υπάρχει η πιθανότητα να παραγκωνιστεί από κάποιο νέο κρυπτονόμισμα. Από την άλλη, τονίζουν πως σε περίπτωση που το Bitcoin καταφέρει να εκτοπίσει συμβατικά νομίσματα, όπως το δολάριο και το ευρώ, θα δημιουργήσει μεγάλες πληθωριστικές πιέσεις, αφού ο αποκεντρωμένος τρόπος λειτουργίας του δεν επιτρέπει κανέναν έλεγχο. Οι Kajtazi and Moro (2019) εξέτασαν το ρόλο του Bitcoin στα χαρτοφυλάκια των Η.Π.Α., της Ευρώπης και της Κίνας, συγκρίνοντας χαρτοφυλάκια με και χωρίς τη συμμετοχή του. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν, και για τις τρεις περιοχές μελέτης, καλύτερες αποδόσεις, αλλά το δικαιολόγησαν στην αυξημένη μεταβλητότητα του Bitcoin και στην άνοδο που παρουσίασε από το 2013 και μετά. Τέλος, υποστήριξαν πως δύναται να έχει θετική επίδραση σε ένα επενδυτικό χαρτοφυλάκιο, παρά τα κερδοσκοπικά του χαρακτηριστικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Επισκόπηση Βιβλιογραφίας

3.1 Η υπόθεση των Αποτελεσματικών Αγορών

Αν μπορούσαμε να συνοψίσουμε την υπόθεση των Αποτελεσματικών Αγορών σε μια πρόταση, τότε αυτή θα ήταν η εξής: Μια αγορά στην οποία οι τιμές των χρηματοοικονομικών περιουσιακών στοιχείων αντανακλούν πάντα πλήρως όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες, ονομάζεται αποτελεσματική.

Η πρώτη σχετική αναφορά για την αποτελεσματικότητα της αγοράς έγινε από τον Γάλλο στατιστικό Louis Bachelier (1900), όπου αναφέρει, στην εισαγωγή της διδακτορικής του διατριβής με τίτλο «Η θεωρία της κερδοσκοπίας», ότι «τα παρελθόντα, τα παρόντα, ακόμα και τα προεξοφλημένα μελλοντικά γεγονότα αντανακλώνται στις αγοραίες τιμές, παρ' όλα αυτά δε δείχνουν να έχουν καμία προφανή σχέση με τις μεταβολές των τιμών», για να συνεχίσει υποστηρίζοντας πως «αν η αγορά που βρίσκεται σε αποτελεσματικότητα δεν μπορεί να προβλέψει τις διακυμάνσεις της, τότε τις εκτιμά σαν να είναι περισσότερο ή λιγότερο πιθανές και αυτή η πιθανότητα μπορεί να εκτιμηθεί μαθηματικά». Αν και ο Bachelier δεν το αναφέρει στο πόνημά του, αφού οι αγοραίες τιμές κινούνται χωρίς να υπάρχει κάποιος προφανής λόγος, τότε ακολουθούν έναν τυχαίο περίπατο που δεν μπορεί να εξηγηθεί οικονομικά. Παρόλο που η διαπίστωση του Bachelier ήταν ρηξικέλευθη για την εξήγηση τής μεταβολής των τιμών, δεν της δόθηκε η δέουσα προσοχή από την επιστημονική κοινότητα εκείνης της εποχής. Πέρα από κάποιες εμπειρικές μελέτες, δε σημειώθηκε κάτι το αξιόλογο στο πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα.

Στις αρχές της δεκαετίας του '50, υπήρχε πλέον η δυνατότητα της χρήσης των ηλεκτρονικών υπολογιστών ώστε να παρατηρείται η συμπεριφορά των τιμών σε μεγάλες χρονολογικές σειρές. Ο Kendall (1953), μελετώντας τις τιμές 22 αγγλικών μετοχών και βασικών προϊόντων, παρατήρησε πως αυτές, στο βραχυπρόθεσμο διάστημα, κινούνται με τόσο τυχαίο τρόπο, που μοιάζει σαν να μην τις επηρεάζουν καθόλου αλλαγές σε συστημικά δεδομένα. Όπως γίνεται αντιληπτό, αν είναι αδύνατο να προβλεφθούν οι μεταβολές των τιμών στο βραχυπρόθεσμο διάστημα, τότε η ανάλυση της αγοράς καθίσταται μια μάταια διαδικασία. Αφού κανένας προφανής λόγος δεν υπάρχει για την αιτία που δύναται να προκληθεί μια

μεταβολή στην τιμή ενός περιουσιακού στοιχείου, τότε η μελέτη των παρελθόντων ή των παρόντων γεγονότων που θα μπορούσαν να την επηρεάσουν δε θα επιφέρει κανένα ουσιαστικό αποτέλεσμα. Στο δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα, το ενδιαφέρον για την προβλεψιμότητα των τιμών άρχισε να εντείνεται και πολλές μελέτες εμφανίστηκαν στο προσκήνιο, με πιο σημαντική αυτή του Samuelson (1965) «Απόδειξη πως οι ορθά προβλεπόμενες τιμές κυμαίνονται τυχαία», όπου αναφέρει ότι σε μια λειτουργική και τέλεια ανταγωνιστική αγορά θα περιμέναμε οι τιμές να άλλαζαν, καθώς οι προσδοκίες του κοινού προσαρμόζονταν σε μια νέα πληροφορία. Επηρεαζόμενος από τον Samuelson, ο Eugene Fama (1965), στη διδακτορική του διατριβή, θα παρουσιάσει μια μελέτη για τη συμπεριφορά των τιμών των μετοχών σε βραχυπρόθεσμο διάστημα, όπου καταλήγει πως οι πορεία τους είναι απρόβλεπτη και ακολουθεί έναν τυχαίο περίπατο. Η διατριβή αυτή θα αποτελούσε τον προπομπό για τη δημιουργία της Υπόθεσης των Αποτελεσματικών Αγορών, που δημοσιεύθηκε το 1970.

Βασισμένος στην έως τότε θεωρία και εμπειρική μελέτη, ο Eugene Fama (1970) συνέταξε την περίφημή του δημοσίευση, η οποία και κατέστησε τη Θεωρία της αποτελεσματικότητας των αγορών ως μια βασική έννοια των χρηματοοικονομικών. Η βασική υπόθεση είναι πως οι τιμές των περιουσιακών στοιχείων αντικατοπτρίζουν πάντα όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες και αφού συμβαίνει αυτό, τότε μόνο οι νέες πληροφορίες που θα προκύψουν στο μέλλον, έχουν τη δυνατότητα να μεταβάλουν τις τιμές. Επομένως, μιας και όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες είναι γνωστές στο επενδυτικό κοινό, είναι αδύνατο κάποιος να εκμεταλλευτεί μια πληροφορία και να επωφεληθεί μακροπρόθεσμα σε βάρος της υπόλοιπης αγοράς. Οπότε, δύναται εύκολα να βγει το συμπέρασμα πως αν ισχύει η Υπόθεση των Αποτελεσματικών Αγορών, τότε η Θεμελιώδης Ανάλυση δεν μπορεί να είναι χρήσιμη για τους επενδυτές. Αφού κανένα περιουσιακό στοιχείο δεν είναι ούτε υπερτιμημένο, αλλά ούτε και υποτιμημένο, είναι ανούσιο κάποιος να πιστεύει πως μπορεί να βρει μια πληροφορία που δεν είναι διαθέσιμη στο κοινό, εξετάζοντας βασικούς χρηματοοικονομικούς δείκτες. Επίσης, η εξέταση του ιστορικού των συναλλαγών ενός περιουσιακού στοιχείου σε σχέση με τα προηγούμενα μοτίβα διακύμανσης της τιμής του, δηλαδή η Τεχνική Ανάλυσή του, δε θα αποδώσει κανένα ουσιαστικό αποτέλεσμα, καθώς παρελθόντα γεγονότα δεν μπορούν να είναι ωφέλιμα για την πρόβλεψη της τυχαιότητας του μέλλοντος. Συμπερασματικά, κάθε πιθανή ανάλυση δε θα ήταν ωφέλιμη, καθώς όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες είναι ήδη γνωστές στο κοινό, οπότε, η τιμή του περιουσιακού στοιχείου είναι και η δίκαιη τιμή του. Η σημαντικότητα της Υπόθεσης των Αποτελεσματικών Αγορών έγκειται στο γεγονός ότι εκφράζεται ουσιαστικά η πεποίθηση πως αν όλες οι πληροφορίες εμπεριέχονται στις τιμές των περιουσιακών

στοιχείων, τότε αυτό σημαίνει ότι η αγορά αυτορρυθμίζεται έτσι, ώστε η τιμή να είναι πάντα η δίκαια τιμή, χωρίς να χρειάζεται κάποια κεντρική παρέμβαση. Επίσης, κανένας δεν μπορεί να βγει κερδισμένος βρίσκοντας κάποια «χρυσή» ευκαιρία, μιας και σε μια αποτελεσματική αγορά δεν υπάρχουν υποτιμημένα ή υπερτιμημένα περιουσιακά στοιχεία.

Ο Fama διαχώρισε τις εμπειρικές δοκιμές για την Υπόθεση της αποτελεσματικότητας των αγορών σε τρία υποσύνολα α) την ασθενή μορφή, β) την ημιισχυρή μορφή και γ) την ισχυρή μορφή. Η διαφορά σε αυτά τα τρία υποσύνολα είναι η φύση των πληροφοριών που είναι χρήσιμες στο επενδυτικό κοινό.

- Στην ασθενή μορφή, οι μελλοντικές τιμές είναι τυχαίες και, γι' αυτόν το λόγο, δεν μπορούν να προβλεφθούν, επίσης, οι παρούσες τιμές εμπεριέχουν όλα τα δεδομένα των παρελθόντων γεγονότων, οπότε η Τεχνική Ανάλυση δεν είναι χρήσιμη, αφού η βασική της ιδέα είναι πως η ιστορία επαναλαμβάνεται. Παρ' όλα αυτά, η Θεμελιώδης Ανάλυση θα ήταν δυνατό να καθορίσει ποια περιουσιακά στοιχεία είναι υποτιμημένα ή υπερτιμημένα και να δώσει πλεονέκτημα στον επενδυτή που θα τα εντοπίσει, σε σχέση με την υπόλοιπη αγορά.
- Στην ημιισχυρή μορφή, οι τιμές προσαρμόζονται άμεσα σε κάθε νέα πληροφορία που γίνεται διαθέσιμη, όπως είναι η ανακοίνωση των ετήσιων κερδών, οι εκθέσεις των χρηματοοικονομικών αναλυτών κτλ. Όπως γίνεται αντιληπτό, η Θεμελιώδης Ανάλυση δε θα ήταν ωφέλιμη για έναν επενδυτή που θα επιχειρούσε να βρει κάποια ευκαιρία, καθώς οι νέες πληροφορίες ενσωματώνονται απευθείας στις τιμές. Εντούτοις, αν κάποιος επενδυτής έχει πρόσβαση σε κάποια πληροφορία που δεν είναι ακόμα διαθέσιμη στο ευρύ κοινό, έχει τη δυνατότητα να την εκμεταλλευτεί και να αποκομίσει παραπάνω κέρδη από αυτό του το πλεονέκτημα.
- Στην ισχυρή μορφή, όλες οι πληροφορίες αντανακλώνται στην τιμή του περιουσιακού στοιχείου, ασχέτως αν είναι γνωστές στο ευρύ κοινό. Με απλά λόγια, κανένας δε δύναται να αποκτήσει πλεονέκτημα σε σχέση με την υπόλοιπη αγορά.

Συμπερασματικά, είναι προφανές πως η ισχυρή μορφή είναι ένα ακραίο μοντέλο και είναι απίθανο να συμβεί στην πραγματικότητα, καθώς, ακόμα και στις ανεπτυγμένες αγορές όπου η ασύμμετρη πληροφόρηση είναι παράνομη, υπάρχουν κάποιοι επενδυτές που έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες πριν από το υπόλοιπο κοινό. Αντίθετα, η ασθενής μορφή προσομοιάζει πιο πολύ στην πραγματικότητα, όπου, τουλάχιστον βραχυπρόθεσμα, υπάρχουν ευκαιρίες σε προσωρινά υποτιμημένα περιουσιακά στοιχεία. Επίσης, η ημιισχυρή μορφή αφήνει το κενό της πληροφορίας εκ των έσω, την οποία θα είχε τη δυνατότητα να εκμεταλλευτεί ένας επενδυτής

που θα είχε πρόσβαση σε αυτήν. Εν τέλει, θα λέγαμε πως η πραγματικότητα βρίσκεται κάπου ανάμεσα στην ασθενή και την ημιισχυρή μορφή.

Πρέπει να γίνει σαφές πως η Υπόθεση των Αποτελεσματικών Αγορών δεν υποστηρίζει ότι το κοινό δεν έχει τη δυνατότητα να κερδίσει από μια επένδυση, αλλά πως αφού οι τιμές ενσωματώνουν όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες και όλοι έχουν πρόσβαση στις ίδιες πληροφορίες, κανένας δεν έχει τη δυνατότητα, λόγω των ικανοτήτων του, να "νικήσει" την αγορά. Με απλά λόγια, ο επενδυτής θα ανταμειφθεί ανάλογα με το ρίσκο που θα πάρει, αλλά όχι παραπάνω από κάποιον άλλον επενδυτή. Επίσης, μπορεί κάθε επενδυτής να λειτουργεί τυχαία, αλλά η αποτελεσματικότητα της αγοράς θα οδηγήσει την τιμή στο «δίκαιο» επίπεδό της.

Ο Fama (1970) όρισε τις κατάλληλες συνθήκες για να είναι μια αγορά αποτελεσματική και είναι οι εξής:

i) Δεν υπάρχουν κόστη συναλλαγών στη διακίνηση χρεογράφων
ii) Όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες διατίθενται χωρίς κόστος και ταυτόχρονα σε όλους τους συμμετέχοντες στην αγορά
iii) Όλοι οι συμμετέχοντες συμφωνούν ως προς τις επιπτώσεις των παρουσών πληροφοριών στην τρέχουσα τιμή των χρεογράφων, καθώς και για τη διανομή των μελλοντικών τιμών κάθε χρεογράφου

Ο ίδιος ο Fama κατανοεί πως οι παραπάνω συνθήκες δε συναντώνται πλήρως και ταυτόχρονα στην πραγματικότητα και τις θεωρεί ικανές για την αποτελεσματικότητα μιας αγοράς, αλλά όχι απαραίτητες. Η μη ύπαρξή τους αποτελεί ένδειξη περί μη αποτελεσματικότητας, αλλά είναι απαραίτητο να μετρηθεί η επίδρασή τους στις τιμές για να εξαχθεί κάποιο συμπέρασμα.

3.2 Ανωμαλίες της αγοράς

Από τη στιγμή της δημοσίευσης της Υπόθεσης, έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες οι οποίες και, μέσω εμπειρικών ερευνών, αποδεικνύουν για διάφορες περιπτώσεις αγορών πως αποκλίνουν από τη θεωρία και, οι αδυναμίες της αγοράς να αντικατοπτρίσει μια δίκαια τιμή για τα περιουσιακά στοιχεία, δύναται να προσφέρουν σε κάποιον υπερβάλλοντα κέρδη. Όπως αναφέρουν οι Frankfurter and McGoun (2001), οι αποκλίσεις από την Υπόθεση των Αποτελεσματικών Αγορών συνηθίζεται να αποκαλούνται Ανωμαλίες της Αγοράς και η χρήση

του συγκεκριμένου όρου δεν είναι τυχαία, αλλά υπονοεί πως αν και υπάρχουν κάποιες αποκλίσεις από την Υπόθεση, αυτή παραμένει ορθή και δεν τίθεται υπό αμφισβήτηση.

Σύμφωνα με τους Latif et al. (2011), οι Ανωμαλίες της Αγοράς μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις κατηγορίες: α) τις *θεμελιώδεις*, όπως η απόκλιση τιμής και λογιστικής αξίας, ο χαμηλός δείκτης Price to Sales (P/S), ο χαμηλός δείκτης Price to Earnings (P/E) κτλ. (Karz 2011), β) τις *τεχνικές*, όπου κάνοντας χρήση τεχνικών, δύναται κάποιος να προβλέψει τις μελλοντικές τιμές, π.χ. στρατηγικές στήριξης και αντίστασης και κινητών μέσων, και γ) *ημερολογιακές* ή *περιοδικές* ανωμαλίες, όπου η περιοδικότητα και ένα πλήθος επιδράσεων (επίδραση της Δευτέρας, επίδραση του Ιανουαρίου κτλ.) επιτρέπουν σε κάποιους επενδυτές να καρπωθούν υπερβάλλοντα κέρδη. Οι Fama and French (1992) εισήγαγαν ένα μοντέλο τριών παραγόντων, το οποίο είναι επέκταση του μοντέλου CAPM. Το μοντέλο CAPM έχει ως παράγοντα μέτρησης του ρίσκου, το beta της μετοχής. Οι Fama and French πρόσθεσαν τους παράγοντες ρίσκου της κεφαλαιοποίησης της αγοράς και της σχετικής τιμής για να εξηγήσουν τις διαφοροποιήσεις στις τιμές των μετοχών. Με αυτόν τον τρόπο, υποστήριξαν πως δίνεται εξήγηση για τις ανωμαλίες που παρουσιάζονται στην αγορά. Από την άλλη, οι Daniel et al. (1997) επισημαίνουν πως το μοντέλο τριών παραγόντων δεν μπορεί να εξηγήσει τις ανωμαλίες που προκύπτουν από τη μακροχρόνια επίδραση και τις αποδόσεις λόγω μομέντουμ. Οι Boudoukh et al. (1994) διαχώρισαν σε τρεις σχολές σκέψης αυτούς που επιχειρούν να αιτιολογήσουν τις ανωμαλίες που υπάρχουν στην αγορά: α) τους *πιστούς* στην Υπόθεση, που πιστεύουν πως οι ανωμαλίες δεν παρουσιάζονται λόγω κάποιας αδυναμίας της Υπόθεσης, αλλά λόγω εσφαλμένων δεδομένων που προκύπτουν από τις τριβές της αγοράς, β) τους *αναθεωρητές*, οι οποίοι επίσης πιστεύουν πως οι αγορές είναι αποτελεσματικές, αλλά, όπως υποστηρίζουν, ακόμα και στις πιο αποτελεσματικές αγορές υπάρχει περίπτωση, για τις βραχυπρόθεσμες επενδύσεις, να παρουσιαστεί κάποια συσχέτιση των αποδόσεων, και γ) τους *αιρετικούς*, οι οποίοι αρνούνται πως οι αγορές είναι αποτελεσματικές και πως στην πραγματικότητα υπάρχουν αδυναμίες της αγοράς που μπορεί κάποιος να τις εκμεταλλευτεί και, χρησιμοποιώντας στρατηγικές, να καρπωθεί υπερβάλλοντα κέρδη. Σύμφωνα με τους αιρετικούς, οι αγορές δεν είναι ορθολογικές και οι ψυχολογικοί παράγοντες είναι αυτοί που επηρεάζουν τις τιμές των μετοχών. Οι αιρετικοί, στην πραγματικότητα, είναι οι υποστηρικτές της Συμπεριφορικής Οικονομικής.

3.3 Κριτική στην Υπόθεση των Αποτελεσματικών Αγορών

Η ιδέα του Fama περί αποτελεσματικότητας της αγοράς έτυχε μεγάλης αποδοχής και αποτελεί και σήμερα μια από τις πιο πολυσυζητημένες θεωρίες στον κλάδο της Οικονομικής. Χαρακτηριστική είναι η άποψη του Jensen (1978) πως «Η θεωρία των Αποτελεσματικών Αγορών αποτελεί την πιο ολοκληρωμένη πρόταση στην Οικονομική. Τα εμπειρικά στοιχεία που τη στηρίζουν έχουν δοκιμαστεί σε πλήθος αγορών, και στη συντριπτική πλειοψηφία, τα δεδομένα συμβαδίζουν με τη θεωρία». Όμως, όπως συμβαίνει με όλα τα μοντέλα που επιτελούν μια ριζοσπαστική αλλαγή στον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε τον κόσμο, έτσι και η Υπόθεση των Αποτελεσματικών Αγορών, παρά την αρχική της αναγνώριση, άρχισε να δέχεται ισχυρή κριτική και αμφισβητήθηκε ακόμη και η εγκυρότητά της.

Ο Malkiel (2003) κατηγοριοποίησε τους σκεπτικιστές απέναντι στην Υπόθεση σε τρεις κατηγορίες: α) στους μομέντουμ επενδυτές, β) στη σχολή της Συμπεριφορικής Οικονομικής και γ) στους υποστηρικτές της Θεμελιώδους Ανάλυσης. Οι μομέντουμ επενδυτές πιστεύουν πως ένας συνδυασμός Τεχνικής και Θεμελιώδους ανάλυσης μπορεί να αποκαλύψει κάποια επαναλαμβανόμενα μοτίβα στην πορεία της τιμής των περιουσιακών στοιχείων και τα οποία θα δώσουν τη δυνατότητα για υπερβάλλοντα κέρδη. Οι Lo and MacKinlay (1999) απέδειξαν πως οι βραχυπρόθεσμες σειριακές συσχετίσεις είναι διάφορες του μηδενός και πως μετοχές με επαναλαμβανόμενες θετικές αποδόσεις ξεπερνάν σε επιδόσεις τις υπόλοιπες. Επίσης, οι Lo et al. (2002) υποστήριξαν πως μέσω μη παραμετρικών ελέγχων μπορούν να ανιχνευθούν επαναλαμβανόμενα μοτίβα στις τιμές των μετοχών, τα οποία μέσω της τεχνικής ανάλυσης δίνουν σήματα στους επενδυτές για ευκαιρίες υπερβαλλόντων κερδών, όπως «κεφάλι-ώμοι» και «διπλοί πυθμένες». Ο Malkiel, όμως, αποδεικνύει πως αν και οι παραπάνω ισχυρισμοί ισχύουν και, στην πραγματικότητα, είναι στατιστικά σημαντικοί, αλλά είναι οικονομικά αδιάφοροι. Οι υποστηρικτές της Συμπεριφορικής Οικονομικής πιστεύουν πως οι αγορές δεν είναι ορθολογικές και ότι ψυχολογικοί παράγοντες είναι αυτοί που οδηγούν το κοινό να λάβει επενδυτικές αποφάσεις. Ο Shiller (2000) ισχυρίζεται πως η αγορά καθοδηγείται από το φόβο και την απληστία και όχι από την ορθολογικότητα. Επίσης, οι Συμπεριφοριστές διέκριναν μια τάση όπου το κοινό αντιδρά ασθενώς στις νέες πληροφορίες και δείχνει υπερβολική αντίδραση σε άλλες. Ο Fama (1998), απαντώντας στις αιτιάσεις της Σχολής της Συμπεριφορικής Οικονομικής, υποστήριξε ότι οι ασθενείς αντιδράσεις στις νέες πληροφορίες είναι τόσο συχνές, όσο και οι υπέρμετρες αντιδράσεις. Πιο συγκεκριμένα, οι ακολουθίες των ασυνήθιστων αποδόσεων μετά από ένα συμβάν είναι το ίδιο κοινές με τις αντιστροφές μετά από ένα συμβάν.

Επιπλέον, αμφισβήτησε τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται από τους Συμπεριφοριστές, λέγοντας πως τα ευρήματά τους καταρρίπτονται κάνοντας χρήση διαφορετικών μοντέλων. Σύμφωνα με τη Θεμελιώδη Ανάλυση, εξετάζοντας οικονομικούς δείκτες όπως τους λόγους τιμής της μετοχής προς κέρδη (P/E) και χρεών προς κεφαλαιοποίηση (D/E), μπορεί κανείς να ανακαλύψει υπερτιμημένες και υποτιμημένες μετοχές και, έχοντας γνώση της πραγματικής αξίας της μετοχής, να προχωρήσει στις ανάλογες επενδυτικές κινήσεις. Η διαφορά με την Υπόθεση των Αποτελεσματικών Αγορών έγκειται στο γεγονός πως για τους επενδυτές που αναλύουν θεμελιώδεις δείκτες, η πραγματική αξία της μετοχής διαφέρει από την τιμή της, κάτι που έρχεται σε αντίθεση με την αποτελεσματικότητα, αφού αυτή συμπεραίνει πως η μετοχή διαπραγματεύεται πάντα στη δίκαια τιμή της. Οι Campbell and Shiller (2001), μελετώντας τους δείκτες λόγου τιμή προς κέρδη (P/E) και μερίσματα προς τιμή (D/P) για την αγορά μετοχών των Η.Π.Α. από το 1871 έως το 2000, καθώς και για τις αγορές μετοχών 12 οικονομιών από το 1970 έως το 2000, κατέληξαν πως οι δείκτες αποτυγχάνουν να κάνουν σωστές προβλέψεις για τις πορείες των τιμών των μετοχών.

Οι Grossman and Stiglitz (1980) θεωρούν πως είναι αδύνατο όλες οι αγορές να βρίσκονται πάντα σε ισορροπία και να είναι πάντα κερδοσκοπικά εξισορροπημένες όταν το arbitrage είναι κοστοβόρο. Σε αντίθεση με τον Fama, δηλώνουν πως οι τιμές αντανακλούν τις πληροφορίες των πληροφορημένων επενδυτών, αλλά μόνο μερικώς, καθώς, αν κάποιος αναλώσει περισσότερους πόρους για να αντλήσει πληροφορίες, τότε θα ανταμειφθεί για αυτή του την πράξη. Επίσης, το σύστημα των τιμών κάνει διαθέσιμες τις πληροφορίες που κατέχουν οι πληροφορημένοι επενδυτές στους μη-πληροφορημένους, αλλά όχι με τέλειο τρόπο, οπότε μια κατάσταση ισορροπίας στην αγορά θα ήταν τυχαία, αν όχι αδύνατη. Ο Jensen (1978) αναφέρει πως οι τιμές αντικατοπτρίζουν τις πληροφορίες έως το σημείο που τα οριακά οφέλη, τα οποία προκύπτουν από τις ενέργειες που βασίζονται στις πληροφορίες, δεν υπερβαίνουν το οριακό κόστος απόκτησης αυτών των πληροφοριών.

Τέλος, η Υπόθεση έχει δεχθεί κριτική και από διάσημους επενδυτές, όπως ο Warren Buffett και ο George Soros. Ο Buffett, σε μια ομιλία του στο Columbia Business School το 1984, έδωσε το παράδειγμα 9 ανεξάρτητων μεταξύ τους επενδυτών, με διαφορετικό επενδυτικό προφίλ, οι οποίοι κάνοντας χρήση ανεπτυγμένων τεχνικών και στρατηγικών, κατάφεραν πολλάκις να νικήσουν την αγορά, αποκομίζοντας μεγάλα κέρδη και αντισταθμίζοντας τους κινδύνους. Πρόσθεσε πως υπάρχει πολλή αναποτελεσματικότητα στην αγορά και η διαφορά αξίας και τιμής των περιουσιακών στοιχείων είναι αυτή που δίνει την ευκαιρία στους επενδυτές να καρπωθούν υπερβάλλοντα κέρδη. Ο Soros επίσης κάνει λόγο για πλήρη ανεπάρκεια της

Υπόθεσης να εξηγήσει τη λειτουργία της αγοράς και πως η αυτορρύθμιση της αγοράς που υποστηρίζει είναι μια λανθάνουσα λογική που έχει επικρατήσει.

Μια νέα εναλλακτική θεωρία, η οποία επιχειρεί να γεφυρώσει το χάσμα ανάμεσα στην Υπόθεση των Αποτελεσματικών Αγορών και των επικριτών της, είναι η Υπόθεση της Προσαρμοσμένης Αγοράς που πρότεινε ο Lo (2004). Σύμφωνα με τον Lo, η Υπόθεση των Αποτελεσματικών Αγορών και η Συμπεριφορική Οικονομική, αν και είναι φαινομενικά αντικρουόμενες θεωρίες, στην πραγματικότητα αποτελούν τις δύο όψεις του ίδιου νομίσματος. Στην υπόθεσή του ο Lo συνδυάζει τις αρχές της Υπόθεσης με τις εναλλακτικές που προσφέρει η Συμπεριφορική Οικονομική, εφαρμόζοντας τις αρχές του εξελικτικού ανταγωνισμού, της φυσικής επιλογής και της προσαρμογής. Με απλά λόγια, η απληστία, η αποστροφή του κινδύνου, η υπερβολική αυτοπεποίθηση κτλ, που σύμφωνα με τους Συμπεριφοριστές είναι οι παράγοντες που καθοδηγούν το επενδυτικό κοινό να πάρει αποφάσεις, δεν είναι τίποτα άλλο παρά απόπειρες προσαρμογής σε ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Από την άλλη, η άποψη ότι η αγορά ενσωματώνει όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες στην τιμή της μετοχής, μετατρέπεται από τον Lo στην εξής φράση: «Οι τιμές αντανακλούν όσες πληροφορίες επιτρέπει ο συνδυασμός των συνθηκών του οικονομικού περιβάλλοντος και του αριθμού και του είδους των επενδυτών που συμμετέχουν στην Οικονομία».

3.4 Αποτελεσματικότητα και επίπεδο ανάπτυξης αγοράς

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, όσο πιο αποτελεσματική είναι μια αγορά, τόσο πιο δύσκολο είναι για κάποιον επενδυτή να τη χειραγωγεί συνεχώς και να βγαίνει κερδισμένος στο μακροχρόνιο διάστημα. Στην αποτελεσματικότητα μιας αγοράς συμβάλλουν, μεταξύ άλλων, το θεσμικό πλαίσιο μέσα στο οποίο λειτουργεί, καθώς και το οικονομικό της μέγεθος. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά συναντώνται συνήθως στις ανεπτυγμένες οικονομίες, όπως αυτές των Η.Π.Α. και της Ευρώπης, και λιγότερο συχνά στις αναπτυσσόμενες οικονομίες, όπως της Κίνας, της Ρωσίας και των χωρών της Αφρικής. Εξάλλου, η αποτελεσματικότητα συμβάλλει στη δικαιότερη κατανομή του πλούτου και στην ανάπτυξη της οικονομίας.

Ο Gelb (1989) μελέτησε τη σχέση που έχουν η οικονομική πολιτική και ο ρυθμός ανάπτυξης με την αποτελεσματικότητα της αγοράς σε 34 χώρες, σε βάθος 20ετίας (1965-1985), και έφτασε στο συμπέρασμα πως η οικονομική πολιτική που ακολουθούσαν οι αναπτυσσόμενεες χώρες, οι οποίες και είχαν μεγαλύτερη ανάγκη για άντληση κεφαλαίων, οδηγούσε σε μειωμένα επιτόκια, κάτι που είχε ως αποτέλεσμα την εσφαλμένη αποτίμηση των

αποταμιεύσεων. Εμβαθύνοντας στη σχέση που έχουν η οικονομική πολιτική με την αποτελεσματικότητα, παρατήρησε πως όσο πιο ελεύθερη ήταν η αγορά, τόσο αυξανόταν η αποτελεσματικότητά της. Οι Rizvi et al. (2014) συνέκριναν την αποτελεσματικότητα της αγοράς των μετοχών μεταξύ των ανεπτυγμένων και των ισλαμικών οικονομιών. Δημιουργώντας μια συνολική κατάταξη 11 ανεπτυγμένων οικονομιών και 11 ισλαμικών, έδειξαν πως, σε γενικό επίπεδο, η αγορά των μετοχών ήταν πιο αποτελεσματική στις ανεπτυγμένες οικονομίες από ότι στις ισλαμικές. Πιο συγκεκριμένα, οι ανεπτυγμένες οικονομίες παρουσίαζαν αυξημένη αποτελεσματικότητα στο βραχυπρόθεσμο διάστημα και μέτρια στο μακροχρόνιο. Αντιθέτως, η πλειοψηφία των ισλαμικών οικονομιών βρισκόταν στο τέλος της κατάταξης τόσο στο βραχυπρόθεσμο, όσο και στο μακροπρόθεσμο διάστημα. Ο Ferreira (2012) εξέτασε τη συμβολή του τραπεζικού συστήματος στην αποτελεσματικότητα, για το σύνολο των οικονομιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τα κύρια ευρήματά του καταδεικνύουν πως τα ευρωπαϊκά τραπεζικά ιδρύματα συνεισφέρουν θετικά στην αύξηση της αποτελεσματικότητας, καθώς και στην αύξηση του Α.Ε.Π. και των ακαθάριστων επενδύσεων παγίου κεφαλαίου. Αντιθέτως, στις οικονομίες που παρουσιάζουν πιο μεγάλη συγκέντρωση στο τραπεζικό τους σύστημα, τα επίπεδα της αποτελεσματικότητας και της αύξησης του Α.Ε.Π. μειώνονται.

3.5 Η αποτελεσματικότητα αγορών σημαινόντων περιουσιακών στοιχείων

Είναι γεγονός πως το μεγαλύτερο μέρος της βιβλιογραφίας που καλύπτει την Υπόθεση των Αποτελεσματικών Αγορών μελετά την αγορά των μετοχών. Ακόμα και ο Eugene Fama βασίστηκε στην εξέταση της συγκεκριμένης αγοράς για να δομήσει την Υπόθεση, αλλά και στην πλειοψηφία της κριτικής που της έχει ασκηθεί, παρατίθενται στοιχεία για τις μετοχές. Ωστόσο, είναι σημαντική η εξέταση της Υπόθεσης των Αποτελεσματικών Αγορών και σε κάποια άλλα γνωστά περιουσιακά στοιχεία, όπως είναι το πετρέλαιο και ο χρυσός, για να φτάσουμε στην αγορά των κρυπτονομισμάτων και του Bitcoin ειδικότερα.

Οι Ito and Sugiyama (2009) μελέτησαν την αποτελεσματικότητα στην αγορά των μετοχών στην Αμερική για το διάστημα 1955-2006 και παρατήρησαν πως η αγορά παρουσίαζε διακυμάνσεις στην αποτελεσματικότητα. Αξιοσημείωτο είναι πως παρατήρησαν ότι όταν ο Fama παρουσίασε για πρώτη φορά την ιδέα του περί αποτελεσματικότητας το 1970, η αγορά των μετοχών ήταν στο πιο αποτελεσματικό επίπεδο αυτής της πενηντακονταετίας, ενώ όταν ο Fama τροποποίησε την ιδέα του το 1991, λόγω διαφόρων ανωμαλιών που είχαν παρατηρηθεί

στο μεσοδιάστημα, η αγορά ήταν αναποτελεσματική. Οι Dow and Gorton (1995) αναφέρουν πως η αποτελεσματικότητα της αγοράς των μετοχών δε συνδέεται με την αποτελεσματικότητα της οικονομίας και, κατ' επέκταση, δεν εξυπηρετεί στην αναδιανομή του πλούτου, καθώς οι μετοχές έχουν μόνο έναν έμμεσο ρόλο καθοδήγησης των επενδύσεων, αφού οι πληροφορίες που εμπεριέχονται στις τιμές των μετοχών περιέχουν δεδομένα για παρελθούσες αποφάσεις των διευθυντικών στελεχών των εταιρειών και πληροφορίες για επενδυτικές ευκαιρίες που έχουν οι χρηματιστές. Οι Lim and Brooks (2011), κάνοντας μια βιβλιογραφική ανασκόπηση των εμπειρικών μελετών για την αποτελεσματικότητα της αγοράς των μετοχών, κατέληξαν πως οι περισσότερες συμφωνούν ότι δεν υπάρχουν ενδείξεις προβλεψιμότητας των αποδόσεων και υπάρχουν μόνο μικρές περίοδοι αναποτελεσματικότητας στην αγορά.

Το πετρέλαιο διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια οικονομία. Η αστάθεια των τιμών του είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την οικονομική ευημερία και ανάπτυξη. Οι Zhang et al. (2014), μελετώντας τις αγορές πετρελαίου σε Ευρώπη, Η.Π.Α., Η.Α.Ε. και Κίνα για το διάστημα 2001-2013, διαπίστωσαν πως και οι τέσσερις αγορές παρουσιάζουν ικανοποιητική αποτελεσματικότητα, με εξαίρεση μόνο μικρά διαστήματα. Επίσης, οι τιμές έδειξαν πως αντιδρούν πιο έντονα σε άσχημα νέα, παρά στα καλά νέα. Η κρίση του 2008 έδειξε, όμως, να επηρεάζει έντονα την αποτελεσματικότητα των αγορών. Αντιθέτως, οι Charles and Darne (2009), οι οποίοι μελέτησαν την αγορά των Η.Π.Α. για το διάστημα 1982-2008, υποστηρίζουν πως παρατηρούν έντονη αναποτελεσματικότητα στο διάστημα 1994-2008 και αναφέρουν πως η Απορρύθμιση της αγοράς που πραγματοποιήθηκε, δεν οδήγησε σε βελτίωση της κατάστασης. Οι Lean et al. (2010), έδειξαν πως δεν υπάρχει δυνατότητα arbitrage ανάμεσα στην αγορά του πετρελαίου και στην αγορά των παραγώγων του και πως αμφότερες οι αγορές είναι αποτελεσματικές και ορθολογικές. Τέλος, οι Alvarez-Ramirez et al. (2002) υποστήριξαν πως η αγορά είναι συνεπής με τη συμπεριφορά τυχαίου περιπάτου, αλλά μόνο σε κλίμακα ημέρας και εβδομάδας.

Ο χρυσός, ως περιουσιακό στοιχείο, κατέχει διαχρονικά το ρόλο του ασφαλούς καταφυγίου, αφού, ιδιαίτερα σε περιόδους μεγάλων κρίσεων και αβεβαιότητας, οι επενδυτές καταφεύγουν σε αυτόν για να δομήσουν τα χαρτοφυλάκιά τους, αυξάνοντας συνεπώς τη ζήτησή του. Ο Tschoegl (1980), μελετώντας την αποτελεσματικότητα της αγοράς του χρυσού ως προς τις πληροφορίες που περιέχονται σε μια ακολουθία αλλαγών της τιμής του, αναφέρει πως φαίνεται ότι υπάρχει μια συσχέτιση μεταξύ των τιμών της ακολουθίας αυτής, αλλά όχι σε τέτοιο βαθμό που οι εξωτερικοί επενδυτές θα μπορούσαν να επωφεληθούν από αυτήν τη γνώση. Από την άλλη, οι διαπραγματευτές της αγοράς του χρυσού και οι επαγγελματίες

επενδυτές θα είχαν ένα μικρό όφελος, αλλά όχι μεγαλύτερο από το κόστος άντλησης αυτής της πληροφορίας. Συμπερασματικά, αφού κανείς δεν έχει τη δυνατότητα να επωφεληθεί από μια πληροφορία, καταλήγει πως, η αγορά του χρυσού είναι αποτελεσματική. Οι Christian Pierdzioch et al (2014), χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο πρόβλεψης σε πραγματικό χρόνο, μελέτησαν αν οι διαθέσιμες προς το κοινό πληροφορίες σχετικά με διάφορους χρηματοοικονομικούς και μακροοικονομικούς δείκτες, έδιναν κάποιο πλεονέκτημα. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τους και το κόστος συναλλαγής, κατέληξαν πως η χρήση των πληροφοριών αυτών δεν έδινε κάποια επιπλέον απόδοση στους επενδυτές, κάτι που καταδεικνύει την πληροφοριακή αποτελεσματικότητα της αγοράς του χρυσού. Οι Baur and McDermott (2010), μελετώντας την αγορά του χρυσού σε παγκόσμιο επίπεδο σε βάθος τριαντακονταετίας (1979-2009), κατέδειξαν την αποτελεσματικότητά της στις ανεπτυγμένες οικονομίες των περισσότερων χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των Η.Π.Α.. Από την άλλη, δεν κατέληξαν στα ίδια αποτελέσματα για τις οικονομίες της Αυστραλίας, του Καναδά και της Ιαπωνίας. Παρόμοια ευρήματα εξήγαγαν και για τις ταχέως αναπτυσσόμενες οικονομίες της Βραζιλίας, της Ρωσίας, της Ινδίας και της Κίνας. Η έρευνά τους έρχεται προς επίρρωσιν του ισχυρισμού πως παρατηρείται μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα σε αγορές που είναι περισσότερο ανεπτυγμένες, ελεύθερες και λειτουργούν κάτω από ένα ισχυρό θεσμικό και νομικό πλαίσιο.

Το αυξημένο ενδιαφέρον για την αγορά των κρυπτονομισμάτων, μολονότι οι διακυμάνσεις των τιμών είναι μεγάλες, υποδεικνύει την εμπιστοσύνη που παρουσιάζει το κοινό στον τρόπο λειτουργίας της Blockchain, σε συνδυασμό με την ασφάλεια που προσφέρει η κρυπτογραφία στις συναλλαγές. Η αγορά των κρυπτονομισμάτων είναι πολύ νέα και έχει κατηγορηθεί ότι σε αυτή βρίσκουν έδαφος κερδοσκόποι. Οι Sigaki and Perc (2019) μελέτησαν την αποτελεσματικότητα σε περισσότερα από τετρακόσια κρυπτονομίσματα και κατέληξαν πως μόνο το 37% του συνόλου ήταν αποτελεσματικό για πάνω από το 80% του χρόνου μελέτης, και το 20% ήταν πληροφοριακά αποτελεσματικό για λιγότερο από το 20% του χρόνου. Επίσης, απέδειξαν πως η αποτελεσματικότητα δεν έχει σχέση με την κεφαλαιοποίηση της αγοράς. Τέλος, διαχώρισαν το σύνολο σε τέσσερα υποσύνολα, ανάλογα με τα χρονικά προφίλ τους, και κατέληξαν πως μεγάλο μέρος των κρυπτονομισμάτων παρουσίαζε μια σταθερή αποτελεσματικότητα, ενώ το υπόλοιπο είχε διακυμάνσεις. Οι Zhang et al. (2014), μελετώντας τα εννέα μεγαλύτερα κρυπτονομίσματα για το διάστημα 2013-2018, κατέληξαν πως οι αγορές τους στο σύνολό τους είναι αναποτελεσματικές. Επιπλέον, δημιούργησαν ένα μεσοσταθμικό δείκτη, με τον οποίο έδειξαν πως οι τιμές τους αλληλοσυσχετίζονται συνεχώς με το

βιομηχανικό δείκτη του Dow Jones. Οι Brauneis and Mestel (2018), ερευνώντας τις αγορές εβδομήντα τριών κρυπτονομισμάτων, απέδειξαν πως η κεφαλαιοποίηση και το μέγεθος της αγοράς παίζουν ρόλο στην αποτελεσματικότητά τους. Μάλιστα, υποστήριξαν πως όσο αυξάνονται αυτά τα δυο μεγέθη, τόσο πιο αποτελεσματικές γίνονται οι αγορές. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξε και ο Wei (2018), μελετώντας τη συμπεριφορά 456 διαφορετικών κρυπτονομισμάτων. Ο Kaiser (2019) εξετάζοντας την εποχικότητα σε πλήθος κρυπτονομισμάτων, δε συμπέρανε κάποια συνεχή και αξιοσημείωτη ημερολογιακή επίδραση στις αποδόσεις τους, με εξαίρεση μιας «εύρωστης» Δευτέρας και το αντίστροφο αποτέλεσμα του Ιανουαρίου για το Bitcoin. Τα αποτελέσματα αυτά τον οδήγησαν στη μη απόρριψη της αποτελεσματικότητας της αγοράς των κρυπτονομισμάτων. Τέλος, οι Kochling et al. (2019) ερεύνησαν την αποτελεσματικότητα σε 75 κρυπτονομίσματα για την περίοδο 2015-2018, μέσω του χρόνου αντίδρασης που είχε η τιμή τους σε αναπάντεχα σχετικά νέα. Παρατήρησαν πως οι καθυστερήσεις μειώνονταν σημαντικά κατά την εξεταζόμενη περίοδο, κάτι που υποδεικνύει πως, με την πάροδο του χρόνου, η αποτελεσματικότητα της αγοράς αυξάνεται. Εν κατακλείδι, τα αποτελέσματα συνηγορούν στη σύνδεση μεταξύ αποτελεσματικότητας, κεφαλαιοποίησης και μεγέθους της αγοράς.

3.6 Εμπειρικές μελέτες για την αποτελεσματικότητα της αγοράς του Bitcoin

Όσο πιο άμεσα μια αγορά ενσωματώνει κάθε πληροφορία στην τιμή του περιουσιακού στοιχείου, τόσο πιο αποτελεσματική είναι. Το Bitcoin, το οποίο βασίζεται στη λειτουργία της Blockchain και μέσω αυτής κάθε νέα πληροφορία επιβεβαιώνεται από το δίκτυο, αλλά και ενσωματώνεται μαζί με τις προϋπάρχουσες πληροφορίες στην τιμή του Bitcoin, θα περιμέναμε να επαληθεύει την αποτελεσματικότητα της αγοράς του. Επίσης, το Bitcoin λειτουργεί ως ένα αποκεντρωμένο σύστημα πληρωμών, το οποίο έχει τη μορφή ανοιχτού καθολικού και είναι θεωρητικά αδύνατο να υπάρχουν πληροφορίες που έχουν τη δυνατότητα να εκμεταλλευτούν λίγοι σε βάρος του υπόλοιπου δικτύου. Από την άλλη, όπως αναφέρει και ο Quiggin (2013), το γεγονός πως το Bitcoin βασίζεται στην προθυμία των εμπόρων να το δεχτούν ή όχι ως συναλλακτικό μέσο, αντίθετα με άλλα περιουσιακά στοιχεία που έχουν χρησιμοποιηθεί ως νομίσματα, όπως ο χρυσός και ο καπνός, καθιστά το Bitcoin ως «φούσκα» και είναι μια καλή αιτία απόρριψης της ίδιας της Υπόθεσης των Αποτελεσματικών Αγορών.

Οι Feng et al. (2018) υποστηρίζουν πως υπάρχει εσωτερική πληροφόρηση στην αγορά του Bitcoin και αυτοί που την κατέχουν, επωφελούνται έναντι των άλλων συμμετεχόντων στην

αγορά. Πιο συγκεκριμένα, παρατήρησαν πως αυτοί που κατέχουν την εσωτερική πληροφόρηση παίρνουν θέση δύο μέρες νωρίτερα, όταν πρόκειται για ένα θετικό γεγονός, και μια ημέρα νωρίτερα, όταν πρόκειται για αρνητικό.

Οι Al-Yahyaee et al. (2018) εκτίμησαν την αποτελεσματικότητα του Bitcoin σε σχέση με τις αγορές του χρυσού, των μετοχών και του συναλλάγματος για την περίοδο 2010-2017. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν πως αν και υπάρχει αποτελεσματικότητα ως ένα σημείο, η αγορά του Bitcoin ήταν η πιο αναποτελεσματική, συγκρινόμενη με τις άλλες τρεις. Ως βασικούς παράγοντες της αναποτελεσματικότητας ορίζουν την έλλειψη θεσμικού πλαισίου και την απουσία ελέγχου από κάποια κεντρική αρχή.

Η εξισορροπητική κερδοσκοπία (arbitrage) είναι μια τεχνική όπου μια οικονομική οντότητα αγοράζει ένα περιουσιακό στοιχείο από μια αγορά και το μεταπωλεί σε μια άλλη σε υψηλότερη τιμή, εκμεταλλευόμενη αυτήν τη διαφορά των τιμών. Με απλά λόγια, είναι μια ευκαιρία η οποία επιφέρει κέρδος χωρίς ρίσκο. Είναι σημαντικό να αναλυθεί αν το Bitcoin δίνει τέτοιες ευκαιρίες, καθώς κάτι τέτοιο θα σήμαινε πως υπάρχει έλλειψη αποτελεσματικότητας στην αγορά του και, πιο συγκεκριμένα, πως η πληροφορία δεν αντανακλάται άμεσα στην τιμή του, δίνοντας τον απαραίτητο χρόνο στους κερδοσκόπους να πραγματοποιήσουν arbitrage. Οι Makarov and Schoar (2020) μελέτησαν τις ευκαιρίες που δίνει το ψηφιακό νόμισμα για εξισορροπητική κερδοσκοπία, και τον καθορισμό της τιμής του. Παρατήρησαν πως υπάρχουν μεγάλες συναλλαγματικές αποκλίσεις που δίνουν την ευκαιρία για εξισορροπητική κερδοσκοπία και ότι η διάρκειά τους κυμαίνεται από μερικές μέρες έως και κάποιες εβδομάδες. Επισημαίνουν πως το φαινόμενο είναι ισχυρότερο για συναλλαγές σε διαφορετικές οικονομίες από τις συναλλαγές στην ίδια οικονομία. Επίσης, διαπίστωσαν πως η άσκηση ελέγχου στη μεταφορά κεφαλαίων που υπάρχει σε κάποιες οικονομίες, ευνοεί τους κερδοσκόπους. Ο λόγος είναι πως συνήθως η μεταφορά κεφαλαίων για τους ιδιώτες υπόκειται σε περιορισμούς, πράγμα που δεν ισχύει για μεγάλα ιδρύματα. Ωστόσο, αν και η είσοδος των μεγάλων ιδρυμάτων στο χώρο των κρυπτονομισμάτων θα ευνοούσε στην επιβράδυνση της προσφοράς κεφαλαίων για εξισορροπητική κερδοσκοπία, κάτι τέτοιο είναι δύσκολο λόγω της απουσίας ρυθμιστικού πλαισίου. Οι Kruckeberg and Scholz (2019), ερευνώντας την αγορά του Bitcoin για το διάστημα 2013-2018, διαπίστωσαν πως υπάρχουν ευκαιρίες εξισορροπητικής κερδοσκοπίας στις διάφορες αγορές του Bitcoin ανά τον κόσμο και πως οι κερδοσκόποι έχουν την ευκαιρία να καρπωθούν υπερβάλλοντα κέρδη ανιχνεύοντας μοτίβα στη διασπορά των τιμών, αφού αυτά παραμένουν τα ίδια για όλο το διάστημα της μελέτης τους. Προσθέτουν πως, ειδικά για τα έτη 2017-2018, πάνω από τις μισές φορές που υπήρχαν ευκαιρίες εξισορροπητικής κερδοσκοπίας,

αυτές ήταν ικανές να καλύψουν τα κόστη συναλλαγών και πως η εμφάνιση του φαινομένου είχε μεγάλη διάρκεια. Αντιθέτως, οι Duan et al. (2021), μελετώντας τις αγορές του Bitcoin σε 5 διαφορετικές οικονομίες (Η.Π.Α., Αυστραλία, Καναδάς, Ευρώπη, Ην. Βασίλειο), διαπίστωσαν πως αυτές βρίσκονται σε αρκετά καλό επίπεδο πληροφοριακής αποτελεσματικότητας και μελέτησαν τις ευκαιρίες εξισορροπητικής κερδοσκοπίας που υπάρχουν σε αυτές. Δηλώνουν ότι αν και υπάρχει αποτελεσματικότητα, το επίπεδό της διαφέρει από αγορά σε αγορά. Παρ' όλ' αυτά, οι αποκλίσεις αυτές μειώνονται με το χρόνο και όλες οι αγορές συγκλίνουν σε ένα ίδιο επίπεδο αποτελεσματικότητας. Ωστόσο, σε όποιες αγορές το επίπεδο αποτελεσματικότητας ήταν υψηλότερο (Η.Π.Α., Αυστραλία) οι ευκαιρίες για εξισορροπητική κερδοσκοπία ήταν πολύ λιγότερες από ό,τι τις αγορές με χαμηλότερη αποτελεσματικότητα (Καναδάς, Ευρώπη, Ην. Βασίλειο). Σε αυτήν την έρευνα, είναι σημαντικό ότι γίνεται η διαπίστωση πως πληροφοριακή αποτελεσματικότητα και εξισορροπητική κερδοσκοπία συσχετίζονται με αρνητικό τρόπο.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αρχίσει να εμφανίζονται μελέτες που προσεγγίζουν την αποτελεσματικότητα της αγοράς του Bitcoin από τη σκοπιά του τυχαίου περιπάτου, όπως εξετάζει και η παρούσα εργασία. Ο Urquhart (2016) μελέτησε, μέσω ενός συνόλου, δοκιμών την αποτελεσματικότητα της αγοράς του Bitcoin στην ασθενή μορφή της. Υπενθυμίζουμε πως στην ασθενή μορφή δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν παρελθούσες πληροφορίες για την πρόβλεψη μελλοντικών κερδών, καθώς αυτές ενσωματώνονται πλήρως και άμεσα στην τρέχουσα τιμή. Ο Urquhart πραγματοποίησε δοκιμές για την περίοδο 1η Αυγούστου 2010 - 31η Ιουλίου 2016, καθώς και για τις υποπεριόδους 1η Αυγούστου 2010 - 31η Ιουλίου 2013, όπου το Bitcoin παρουσίαζε μια σχετική σταθερότητα στις τιμές του, και 1η Αυγούστου 2013 - 31η Ιουλίου 2016, όπου η τιμή του αυξήθηκε ραγδαία και εμφάνισε μεγάλες διακυμάνσεις. Τα αποτελέσματα των ελέγχων έδειξαν, για το δείγμα της πλήρους περιόδου, καθώς και για την πρώτη υποπερίοδο, πως η αγορά του Bitcoin είναι σημαντικά αναποτελεσματική. Αντίθετα, για τη δεύτερη υποπερίοδο υπήρχαν ενδείξεις περί αποτελεσματικότητας της αγοράς του Bitcoin στην ασθενή μορφή της. Ο Urquhart καταλήγει πως τα αποτελέσματα δεν προκαλούν έκπληξη, αφού πρόκειται για αγορά που βρίσκεται σε εμβρυακό στάδιο και είναι λογικό, όσο περνάει ο καιρός, η αγορά να γίνεται περισσότερο αποτελεσματική, καθώς περισσότεροι αναλυτές και επενδυτές ασχολούνται με το Bitcoin. Οι Nadarajah and Chu (2017), ακολουθώντας τη μεθοδολογία που μελέτησε την αποτελεσματικότητα ο Urquhart, αλλά επιλέγοντας να μην εξετάσουν τις ημερήσιες αποδόσεις του Bitcoin, έκαναν χρήση των ημερήσιων αποδόσεων, υψωμένων σε έναν περιττό αριθμό και, πιο συγκεκριμένα, στη 17η δύναμή τους.

Ακολουθώντας αυτήν την τεχνική, κατέληξαν πως η αγορά του Bitcoin είναι αποτελεσματική, τόσο στην πλήρη περίοδο μελέτης, όσο και στις δύο υποπεριόδους. Ο Bariviera (2017), μέσω μιας δυναμικής προσέγγισης, κάνοντας χρήση του εκθέτη του Hurst, διαπίστωσε την αναποτελεσματικότητα του Bitcoin για την περίοδο 2011-2014, ενώ, για την περίοδο 2014-2017 η συμπεριφορά του, ήταν πιο αποτελεσματική, καθώς χαρακτηρίζεται από λευκό θόρυβο στα ευρήματά του. Οι Vidal-Tomas and Ibanez (2018) εξέτασαν την αποτελεσματικότητα της αγοράς του Bitcoin στην ημιισχυρή της μορφή. Πιο συγκεκριμένα, διερεύνησαν πώς επηρεάζονται οι αποδόσεις του στις αλλαγές της νομισματικής πολιτικής, αλλά και τη συμπεριφορά του πάνω στα νέα που αφορούν το ίδιο. Τα ευρήματά τους δείχνουν πως η αγορά του Bitcoin είναι πλήρως αναποτελεσματική όσον αφορά τις αλλαγές στη νομισματική πολιτική, δίνοντας έμφαση στην απουσία ελέγχου του από κάποια κεντρική τράπεζα. Από την άλλη, φαίνεται πως το Bitcoin με τον καιρό αντιδρά όλο και περισσότερο στα γεγονότα που αφορούν το ίδιο και, μάλιστα, σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Πιο συγκεκριμένα, ανταποκρίνεται πλήρως και ταχύτατα στα αρνητικά για αυτό γεγονότα και ικανοποιητικά στα θετικά. Αντίθετα, ο Kristoufek (2018), κάνοντας χρήση ενός δείκτη αποτελεσματικότητας, κατέληξε πως η αγορά του Bitcoin είναι αναποτελεσματική για το διάστημα 2010-2017, με εξαίρεση τις περιόδους Ιούνιος 2011-Ιούνιος 2012 και Μάρτιος 2014-Νοέμβριος 2014, όπου δύναται να θεωρηθούν ως αποτελεσματικές.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί η μελέτη που πραγματοποίησε ο Ante (2022) σχετικά με το αντίκτυπο που είχαν τα tweets του Elon Musk στις αρχές του 2021. Ο Ante αναφέρει πως σε ένα δείγμα 47 tweets, παρατηρήθηκε ότι στα δύο πρώτα λεπτά από ένα «τιτίβισμα», η τιμή του Bitcoin είχε μια αφύσικη άνοδο της τάξεως του 3,58%, και σε διάστημα μιας ώρας, η απόδοση ανερχόταν στο 4,79%. Αναφέρει επίσης, πως ο Musk, προσθέτοντας το hashtag #bitcoin στο βιογραφικό του λογαριασμού του στο μέσο κοινωνικής δικτύωσης, κατάφερε να αυξήσει σε διάστημα λίγων ωρών την αξία του Bitcoin από 32.000$ σε 38.000$, αυξάνοντας την κεφαλαιοποίηση του κρυπτονομίσματος κατά 111 δισεκατομμύρια δολάρια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Μεθοδολογία

4.1 Εισαγωγή

Στην παρούσα εργασία θα επιχειρηθεί να εξεταστεί η αποτελεσματικότητα της αγοράς του Bitcoin στην ασθενή μορφή της. Υπενθυμίζεται πως στην ασθενή μορφή των Αποτελεσματικών Αγορών, όλες οι παρελθούσες πληροφορίες αντικατοπτρίζονται στις τιμές των περιουσιακών στοιχείων και οι μελλοντικές τιμές δεν είναι προβλέψιμες. Επίσης, οι διακυμάνσεις είναι εντελώς τυχαίες εξαιτίας της τυχαιότητας η οποία τις χαρακτηρίζει και για αυτόν το λόγο ακολουθούν μια πορεία τυχαίου περιπάτου. Οπότε, αν η αγορά χαρακτηρίζεται από αποτελεσματικότητα, τότε θα είναι αδύνατο κάποιος να μπορεί να χρησιμοποιήσει οποιοδήποτε μέσο για να επωφεληθεί, είτε από πληροφορίες του παρελθόντος που δεν είναι γνωστές στο ευρύ κοινό, αφού αυτές αντικατοπτρίζονται ήδη στην τιμή του περιουσιακού στοιχείου, είτε από πληροφορίες του παρόντος για να προβλέψει τη μελλοντική του πορεία και να καρπωθεί υπερβάλλοντα κέρδη.

4.2 Ανάλυση παλινδρόμησης

Μια στοχαστική διαδικασία απαιτεί τη στασιμότητα των αποδόσεων των τιμών των περιουσιακών στοιχείων και ο σταθερός όρος των στάσιμων χρονοσειρών πρέπει να διαφέρει ασήμαντα από το μηδέν. Επίσης, σύμφωνα με την ασθενή μορφή της Υπόθεσης των Αποτελεσματικών Αγορών, όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες έχουν ενσωματωθεί πλήρως στην τιμή του περιουσιακού στοιχείου και οι μελλοντικές τιμές μεταβάλλονται με τυχαίο τρόπο, ακολουθώντας την πορεία ενός τυχαίου περιπάτου. Λαμβάνοντας υπ' όψιν όλα τα παραπάνω, η ανάλυση θα πραγματοποιηθεί στο παρακάτω υπόδειγμα:

$$P_t = P_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (1\text{-}1)$$

P_t: Ο φυσικός λογάριθμος της αρχικής χρονοσειράς X_t

P_{t-1}: Ο φυσικός λογάριθμος της χρονοσειράς X_{t-1}

ε_t: Μια τυχαία στάσιμη μεταβλητή με μέσο μηδέν και διακύμανση σ^2
Αν η P_t είναι στάσιμη, τότε δε θα έχει μοναδιαία ρίζα I(1) και οι αποδόσεις της θα πρέπει να είναι λευκός θόρυβος I(0), δηλαδή τελείως τυχαίες.

Οι αποδόσεις των μετοχών είναι η σειρά $\Delta P_t = P_t - P_{t-1} = \ln (X_t/X_{t-1})$, η οποία θα αναγράφεται ως R_t.

$$R_t = \alpha + \varepsilon_t \qquad (1\text{-}2)$$

Για να είναι λευκός θόρυβος η R_t, θα πρέπει ο σταθερός όρος α να είναι στατιστικώς μη σημαντικά διάφορος του μηδενός και τα κατάλοιπα ε_t δε θα πρέπει να σχετίζονται μεταξύ τους. Η παραπάνω υπόθεση θα ελεγχθεί με τη χρήση της απλής μεθόδου των ελάχιστων τετραγώνων (OLS).
Έπειτα, θα πρέπει να ελεγχθεί η παλινδρόμηση:

$$R_t = \alpha_0 + \alpha_1 R_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (1\text{-}3)$$

Όπως και πριν, αν ισχύει η υπόθεση του τυχαίου περιπάτου, τότε τόσο ο σταθερός όρος, όσο και ο συντελεστής της απόδοσης με υστέρηση θα πρέπει να μη διαφέρουν σημαντικά από το μηδέν. Αν ισχύει αυτή η υπόθεση, θα σημαίνει πως όχι μόνο οι αποδόσεις είναι τυχαίες, αλλά και δεν έχουν σχέση με το παρελθόν, και ισούνται μόνο με τα κατάλοιπα, τα οποία και πρέπει να είναι ασυσχέτιστα.

4.3 Έλεγχος ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας

Η στασιμότητα είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την ανάλυση των χρονολογικών σειρών και κατέχει κρίσιμο ρόλο για το πόσο εύκολο είναι να προβλεφθούν γεγονότα του μέλλοντος. Η ύπαρξη στασιμότητας υποδεικνύει πως τα δεδομένα δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και πως οι ιδιότητες της χρονοσειράς δεν εξαρτώνται από τη στιγμή που αυτή παρατηρείται, αλλά από τις χρονικές της υστερήσεις. Αντίθετα, σε ένα υπόδειγμα τυχαίου περιπάτου, οι παρατηρήσεις εξαρτώνται μόνο από τον χρόνο στον οποίο εξετάζονται, καθώς κάθε παρατήρηση είναι ένα τυχαίο βήμα από την προηγούμενη παρατήρηση. Συμπερασματικά, για

να χαρακτηριστεί μια διαδικασία ως τυχαίος περίπατος, είναι απαραίτητη η απουσία της στασιμότητας.

Ένας τρόπος για να εξεταστεί η στασιμότητα μιας χρονοσειράς είναι ο έλεγχος της μοναδιαίας ρίζας. Για τον έλεγχο μοναδιαίας ρίζας θα πρέπει να εξεταστεί το παρακάτω αυτοπαλίνδρομο μοντέλο AR (1):

$$y_t = \rho y_{t-1} + \delta' x_t + \varepsilon_t \qquad (1\text{-}4)$$

Όπου x_t είναι εξωγενείς εκτιμητές επιλογής που περιέχουν ένα σταθερό όρο ή έναν σταθερό όρο και χρονική τάση. Οι ρ και δ είναι συντελεστές εκτίμησης και ε_t είναι λευκός θόρυβος. Αν $|\rho| \geq 1$, τότε η χρονολογική σειρά είναι μη στάσιμη, ενώ αν $|\rho| < 1$, η y_t είναι στάσιμη χρονοσειρά με τάση.

- Απλός έλεγχος Dickey-Fuller (DF)

Ο πιο συνηθισμένος έλεγχος για την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας είναι ο απλός έλεγχος Dickey-Fuller (1979), όπου η εκτίμηση γίνεται στην (1-4) αφαιρώντας τον όρο y_{t-1} και από τα 2 μέλη της εξίσωσης. Οπότε έχουμε:

$$y_t - y_{t-1} = \rho y_{t-1} - y_{t-1} + \delta' x_t + \varepsilon_t$$

$$\Delta y_t = (\rho-1) y_{t-1} + \delta' x_t + \varepsilon_t$$

αν όπου (ρ-1), αντικαταστήσουμε με α:

$$\Delta y_t = \alpha y_{t-1} + \delta' x_t + \varepsilon_t \qquad (1\text{-}5)$$

Ο έλεγχος της μηδενικής υπόθεσης H_0: $|\rho| \geq 1$ μετατρέπεται τώρα σε έλεγχο της μηδενικής υπόθεσης H_0: $\alpha = 0$ έναντι της εναλλακτικής H_1: $\alpha < 0$. Συμπερασματικά, έχουμε έναν μονόπλευρο έλεγχο, καθώς δε μας ενδιαφέρει η περίπτωση όπου $\alpha > 0$, επειδή αυτό αποτελεί μια εκρηκτική συμπεριφορά για την υπό εξέταση μεταβλητή y.

Η εκτίμηση γίνεται με τη χρήση της t-στατιστικής για το α:

$$t_{\alpha} = (\hat{a} - \alpha_0) / s.e. (\hat{a})$$

$\hat{a}$: είναι ο εκτιμητής της παραμέτρου α

α_0: είναι μια γνωστή σταθερά

s.e. ($\hat{a}$): είναι η τυπική απόκλιση του εκτιμητή $\hat{a}$ για το α

Οι Dickey and Fuller υποστήριξαν πως με την αποδοχή της μηδενικής υπόθεσης περί ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας, η στατιστική δεν ακολουθεί την κλασσική t-student κατανομή και, για αυτόν το λόγο, κατασκεύασαν εμπειρικούς πίνακες κατανομής για μεγάλο εύρος ελέγχων, με ποικίλα μεγέθη δείγματος. Ο MacKinnon (1991) αργότερα, διεύρυνε τον αριθμό των προσομοιώσεων και οι πίνακές του είναι αυτοί που χρησιμοποιούνται σήμερα για τον έλεγχο της αποδοχής της μηδενικής υπόθεσης.

-Επαυξημένος έλεγχος Dickey-Fuller (ADF)

Ο απλός έλεγχος μοναδιαίας ρίζας Dickey-Fuller που περιγράφηκε παραπάνω, ισχύει μόνο για αυτοπαλίνδρομα υποδείγματα πρώτης τάξεως AR(1). Στις περιπτώσεις τις οποίες η χρονολογική σειρά ακολουθεί ένα αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα μεγαλύτερης τάξης από την πρώτη, τότε παραβιάζεται η υπόθεση του λευκού θορύβου για τα κατάλοιπα, και υπάρχει αυτοσυσχέτισή τους.

Για τη λύση αυτού του προβλήματος εφαρμόζεται ο επαυξημένος έλεγχος Dickey-Fuller (Augmented Dickey-Fuller test), όπου χρησιμοποιείται ένα AR(p) υπόδειγμα, με το p να είναι οι χρονικές υστερήσεις που υπολογίζονται, έτσι ώστε τα κατάλοιπα να μην αυτοσυσχετίζονται. Η διαφορά με τον απλό έλεγχο Dickey-Fuller είναι πως, πλέον, στο δεξί μέλος προστίθενται οι p υστερήσεις της πρώτης διαφοράς της εξαρτημένης μεταβλητής y:

$$\Delta y_t = \alpha y_{t-1} + \delta' x_t + \beta_1 \Delta y_{t-1} + \beta_2 \Delta y_{t-2} + \ldots + \beta_p \Delta y_{t-p} + u_t \qquad (1\text{-}6)$$

Η μηδενική υπόθεση εδώ είναι H_0: α = 0, που η αποδοχή της υποδεικνύει την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας, άρα τη μη στασιμότητα της χρονοσειράς, και η εναλλακτική της H_1: α < 0. Για τον έλεγχο των υποθέσεων γίνεται πάλι χρήση του πίνακα κριτικών τιμών του MacKinnon.

Μια σημαντική διαπίστωση των Dickey-Fuller είναι πως η ασυμπτωτική κατανομή του στατιστικού t για τον έλεγχο της σημαντικότητας είναι ανεξάρτητη από τον αριθμό των υστερήσεων της εξαρτημένης μεταβλητής και πως αυτό που επηρεάζει τις τιμές της κατανομής t είναι η ύπαρξη σταθερού όρου και τάσης. Οπότε, το πρόβλημα που προκύπτει για κάποιον ερευνητή είναι αν θα συμπεριλάβει στο μοντέλο του εξωγενείς μεταβλητές. Δηλαδή, σταθερό όρο ή σταθερό όρο και τάση ή τίποτε από τα δύο.

4.4 Έλεγχος αυτοσυσχέτισης των αποδόσεων

Ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης ερευνά την ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ μιας χρονοσειράς και του εαυτού της με κάποιο βαθμό χρονικής υστέρησης. Μια θετική αυτοσυσχέτιση υποδεικνύει την παρουσία χρονικής τάσης στην ακολουθία, ενώ μια αρνητική, κάποια αντίθετη κίνηση των αποδόσεων. Αν υπάρχει αποτελεσματικότητα, οι αποδόσεις δε θα πρέπει να αυτοσυσχετίζονται, αφού όπως υποστηρίζει η θεωρία, η κίνησή τους γίνεται με τυχαίο τρόπο. Η εξίσωση που μετρά την αυτοσυσχέτιση είναι η εξής:

$$r_{i,t} = \alpha_i + \beta_i r_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t} \qquad (1\text{-}7)$$

$r_{i,t}$: η χρονοσειρά i στον χρόνο t

α_i: σταθερά

β_i : ο συντελεστής της υστερημένης χρονοσειράς

$r_{i,t-k}$: η χρονοσειρά $r_{i,t}$ σε k βαθμούς υστέρησης

$\varepsilon_{i,t}$: τα κατάλοιπα

k: οι βαθμοί υστέρησης

Αν δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση, τότε όλοι οι συντελεστές θα είναι στατιστικώς ασήμαντα διαφορετικοί από το μηδέν. Δηλαδή, $\beta_1 = \beta_2 = \ldots = \beta_\kappa = 0$. Απαραίτητη προϋπόθεση του ελέγχου είναι η χρονοσειρά των αποδόσεων να ακολουθεί την κανονική κατανομή.

Ο πιο αξιόπιστος έλεγχος για αυτοσυσχέτιση είναι αυτός των Box-Pierce (1970), ο οποίος κάνει χρήση της Q-στατιστικής. Ο έλεγχος έχει ως μηδενική υπόθεση H_0 ότι οι συσχετίσεις του πληθυσμού, από των οποίων προέρχονται τα δεδομένα, είναι μηδέν και, κατ' επέκταση, πως τα δεδομένα είναι ανεξάρτητα κατανεμημένα. Η στατιστική ελέγχου Q εκφράζεται ως εξής:

$$Q_{BP} = n \sum_{k=1}^{h} \rho_k^2 \qquad (1\text{-}8)$$

Όπου ρ_k^2 είναι ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης για τα κατάλοιπα της k υστέρησης και n το μέγεθος του δείγματος. Αν η μηδενική υπόθεση γίνει αποδεκτή, τότε η Q-στατιστική ακολουθεί ασυμπτωτικά την χ_h^2 κατανομή.

Οι Ljung-Box (1978) παρουσίασαν μια βελτιωμένη εκδοχή του παραπάνω ελέγχου, δίνοντας μεγαλύτερη ακρίβεια στην Q-στατιστική ως εξής:

$$Q_{LB} = n\,(n+2) \sum_{k=1}^{h} \frac{\rho_k^2}{n-k} \qquad (1\text{-}9)$$

Η μηδενική υπόθεση γίνεται αποδεκτή αν $Q_{LB} > X_{1-a,h}^2$, όπου α είναι το επίπεδο σημαντικότητας για την χ^2 κατανομή με h βαθμούς ελευθερίας.

Το πρόβλημα που ανακύπτει σε αυτόν τον έλεγχο είναι η επιλογή του αριθμού των υστερήσεων. Αν επιλεγεί μεγάλος αριθμός, τότε χάνεται η δύναμη του ελέγχου, ενώ αν επιλεγεί μικρός αριθμός, υπάρχει περίπτωση να μην εντοπιστεί η ύπαρξη αυτοσυσχέτισης.

4.5 Έλεγχος ανεξαρτησίας των αποδόσεων

Ο έλεγχος για την ανεξαρτησία των αποδόσεων εμπίπτει στη βασική αρχή της Υπόθεσης των Αποτελεσματικών Αγορών. Αν οι αποδόσεις είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, τόσο κατά το παρελθόν, όσο και μελλοντικά, τότε δεν δύναται κάποιος να κάνει χρήση κάποιας στρατηγικής με σκοπό να πλεονεκτήσει έναντι της υπόλοιπης αγοράς και να καρπωθεί υπερβάλλουσες αποδόσεις.

Οι στατιστικολόγοι Wald and Wolfowitz (1940) προσέφεραν έναν απλό και διαισθητικό, μη παραμετρικό έλεγχο για την εξέταση της ανεξαρτησίας των αποδόσεων. Η λογική του ελέγχου είναι πολύ απλή, αλλά αποκαλύπτει αν οι αποδόσεις ακολουθούν έναν τυχαίο περίπατο.

Η μορφή του ελέγχου είναι αυτή των run tests, στην οποία μετριέται ο αριθμός των ακολουθιών των θετικών και των αρνητικών αποδόσεων και συγκρίνονται με τις αναμενόμενες

αποδόσεις. Η διαδικασία δεν εξετάζει αν οι θετικές και οι αρνητικές αποδόσεις έχουν τις ίδιες πιθανότητες να εμφανιστούν, αλλά αν είναι πανομοιότυπα και ανεξάρτητα κατανεμημένες.

Από την οπτική του προσήματος των αποδόσεων, μια ακολουθία 10 αποδόσεων θα μπορούσε να έχει την εξής μορφή: +++++-----, όπου παρατηρούνται αρχικά 5 συνεχόμενες θετικές αποδόσεις και ακολουθούν 5 συνεχόμενες αρνητικές. Άρα, στη συγκεκριμένη περίπτωση, έχουμε 2 εναλλαγές με μήκος 5. Μια εναλλακτική ακολουθία θα μπορούσε να έχει τη μορφή +--+++--++, όπου παρατηρούνται 5 εναλλαγές, με τις θετικές εναλλαγές να έχουν μήκος 1, 3 και 2 και τις αρνητικές 2 και 2 αντίστοιχα.

Η μηδενική υπόθεση του ελέγχου H_0 είναι πως οι αποδόσεις είναι ανεξάρτητες και ακολουθούν την κατανομή N (μ, σ^2). Όπου,

$$\mu = \frac{2N^{+} \cdot N^{-}}{N} + 1$$

$$\sigma^2 = \frac{(\mu-1)(\mu-2)}{N-1}$$

4.6 Έλεγχος λόγου διακύμανσης

Ένας ακόμη έλεγχος για να διαπιστωθεί αν οι αποδόσεις ακολουθούν μια πορεία τυχαίου περιπάτου είναι ο έλεγχος του λόγου διακύμανσης, όπου εξετάζεται η ύπαρξη αυτοσυσχέτισης της εξεταζόμενης χρονοσειράς.

Οι Lo and MacKinlay (1988) εφάρμοσαν έναν έλεγχο για την εξέταση των εβδομαδιαίων αποδόσεων, βασιζόμενοι στην ιδιότητα ότι η διακύμανση των προσαυξήσεων ενός τυχαίου περιπάτου X_t είναι γραμμική σε όλο το διάστημα των δεδομένων του. Δηλαδή, πως η διακύμανση της $q^{ης}$ προσαυξημένης διαφοράς της ισούται με q φορές επί την πρώτη διαφορά της. Ή διαφορετικά, πως ο λόγος της διακύμανσης της $q^{ης}$ προσαυξημένης διαφοράς προς τη διακύμανση της πρώτης διαφοράς είναι ίσος με τη μονάδα. Αν ο λόγος της διακύμανσης είναι μεγαλύτερος της μονάδας, τότε οι σειρές απόδοσης αυτοσυσχετίζονται θετικά, ενώ αν είναι μικρότερος, υπάρχει αρνητική αυτοσυσχέτιση. Δηλαδή θα πρέπει:

$$\text{VR (q)} = \frac{\sigma^2(q)}{\sigma^2(1)} = 1$$

Υπό την προϋπόθεση πως υπάρχει ομοσκεδαστικότητα, χρησιμοποιείται η Z-στατιστική, η οποία υπολογίζεται ως εξής:

$$Z\ (q) = \frac{(VR(q)-1)}{\sqrt{\sigma^2}} \sim N(0,1)$$

όπου,

$$\sigma^2 = \frac{2(q-1)(2q-1)}{3qn}$$

όπου n είναι ο πληθυσμός του δείγματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Δεδομένα

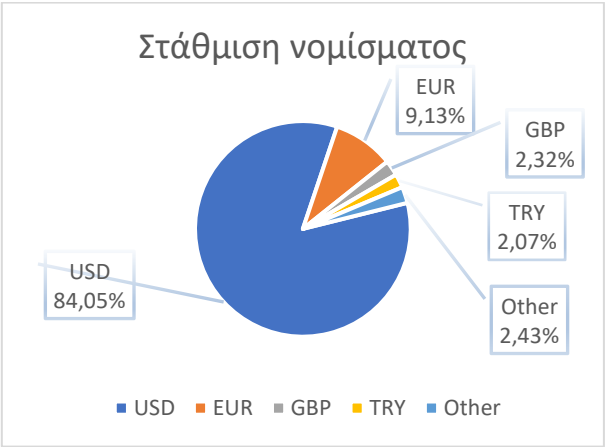
5.1 Δεδομένα

Το δείγμα των δεδομένων το οποίο επιλέχθηκε, αποτελείται από τις τιμές κλεισίματος για την περίοδο 1η Ιανουαρίου 2017 - 31η Δεκεμβρίου 2021. Η επιλογή της συγκεκριμένης περιόδου έγινε για τους εξής λόγους: α) Για να εξεταστεί η ένδειξη που είχε ο Urquhart (2016) πως η αγορά του Bitcoin με την πάροδο του χρόνου γίνεται περισσότερο αποτελεσματική. Υπενθυμίζεται ότι ο Urquhart εξέτασε την περίοδο 1η Αυγούστου 2010 - 31η Ιουλίου 2016, οπότε η περίοδος της παρούσας εργασίας είναι, ως ένα σημείο, η συνέχεια της δικής του έρευνας, β) Στις πρώτες μέρες του 2017, η τιμή του Bitcoin έσπασε το ορόσημο των 1.000 $ και συνέχισε την ανοδική της πορεία, με αποκορύφωμα την 9η Νοεμβρίου 2021 κατά την οποία έκλεισε στην τιμή των 67.527,50 $.

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές πηγές για την άντληση δεδομένων των ημερήσιων τιμών κλεισίματος του Bitcoin και σε διαφορετικά νομίσματα αναφοράς. Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας, κρίθηκε ορθότερο να αντληθούν δεδομένα από την ιστοσελίδα www.bitcoinaverage.com, η οποία χρησιμοποιεί τον δείκτη GBX. Ο δείκτης GBX είναι ένας συγκεντρωτικός δείκτης τιμής για το Bitcoin που λαμβάνει υπ' όψιν του το σύνολο των αποδόσεων από όλες τα διαθέσιμες αγορές συναλλάγματος του κρυπτονομίσματος και παρέχει μια σταθμισμένη τιμή, η οποία είναι βασισμένη στον όγκο συναλλαγών. Αρχικά, γίνεται συλλογή των μέσων ημερήσιων τιμών του Bitcoin για όλες τις αγορές του και για όλα τα νομίσματα, και έτσι δημιουργείται μια παγκόσμια τιμή για το κρυπτονόμισμα. Κάθε μέση ημερήσια τιμή της αγοράς συναλλάγματος μετατρέπεται σε δολάρια μέσω των παγκόσμιων συναλλαγματικών ισοτιμιών. Στη συνέχεια, λαμβάνεται υπ' όψιν ο ημερήσιος όγκος συναλλαγών σε κάθε αγορά, για να εξαχθεί ένας συντελεστής στάθμισης για την τιμή του Bitcoin. Τέλος, εκτελείται ένας τελευταίος υπολογισμός για τη δημιουργία μιας παγκόσμιας τιμής Bitcoin σε δολάρια, που περιλαμβάνει όλες τις ανταλλαγές Bitcoin, συνυπολογίζοντας όλα τα διαπραγματευόμενα νομίσματα και τους όγκους συναλλαγών.

Σε αντίθεση με τα συμβατικά νομίσματα, όπου έχουμε τιμές κλεισίματος για τις εργάσιμες ημέρες, δηλαδή συνήθως πέντε ημέρες την εβδομάδα, για το Bitcoin έχουμε καθημερινώς, ήτοι επτά ημέρες την εβδομάδα. Συμπερασματικά, το δείγμα αποτελείται από 1826 παρατηρήσεις.

Όπως αναφέρθηκε αρχικά, ο δείκτης GBX εξάγεται συνυπολογίζοντας τις συναλλαγές του Bitcoin για όλα τα συμβατικά νομίσματα. Η συμμετοχή των νομισμάτων για την περίοδο που εξετάζεται στην παρούσα εργασία είναι η εξής:



Διάγραμμα 1-Στάθμιση νομίσματος

5.2 Περιγραφικά στατιστικά

Πίνακας 1-Περιγραφικά στατιστικά του Bitcoin για την περίοδο 01/01/2017-31/12/2021

N	Mean	SD	Max	Min	Kurt	Skew-3
1826	0,0021	0,0344	0,1688	-0,2314	4,0791	-0,4512

Στον **Πίνακα 1** απεικονίζονται τα περιγραφικά στατιστικά για τις ημερήσιες αποδόσεις του Bitcoin στην περίοδο 01/01/2017-31/12/2021. Ο υπολογισμός των αποδόσεων έγινε με τον εξής τρόπο:

$$R_t = \ln [(P_t)/(P_{t-1})] * 100$$

Το δείγμα των 1826 παρατηρήσεων έχει μέσο, ο οποίος είναι οριακά θετικός (0,21%), και τυπική απόκλιση 0,0344. Με αυτά τα δεδομένα μπορούμε να υπολογίσουμε τον συντελεστή μεταβλητότητας (coefficient of variation), ο οποίος και είναι:

$$cv = \frac{sd}{|\bar{x}|} = \frac{0{,}0344}{0{,}0021} = 15{,}74$$

Από την παραπάνω εξίσωση, προκύπτει πως η τυπική απόκλιση του δείγματος είναι 15,74 φορές μεγαλύτερη από τον αριθμητικό μέσο του, κάτι που υποδεικνύει σημαντικά μεγάλη μεταβλητότητα.

Τέλος, η κύρτωση είναι μεγαλύτερη του 3, οπότε, σύμφωνα με τον Pearson (1905), η κατανομή είναι λεπτόκυρτη και η ασσυμετρία είναι αρνητική (-0,4512) και συμμετρική, δηλαδή εμφανίζεται κύρτωση προς τα αριστερά.

5.3 Έλεγχος για την κανονικότητα

Για τον έλεγχο της κανονικότητας χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος των Jarque-Bera (1980), ο οποίος είναι ένας τύπος πολλαπλασιαστή Lagrange ελέγχου. Ο συγκεκριμένος έλεγχος επιλέχθηκε επειδή είναι κατάλληλος για μεγάλα σε μέγεθος δείγματα. Πιο συγκεκριμένα, ο έλεγχος Jarque-Bera λαμβάνει υπ' όψιν του την ασυμμετρία και την κύρτωση των δεδομένων για να εξεταστεί αν αυτά ακολουθούν την κανονική κατανομή. Μια κανονική κατανομή αποτελείται από μηδενική ασυμμετρία και κύρτωση η οποία είναι ίση με το 3.
Ο τύπος για τη στατιστική του ελέγχου Jarque-Bera είναι ο εξής:

$$JB = n * \left[\frac{b_1}{6} + \frac{(b_2 - 3)^2}{24}\right]$$

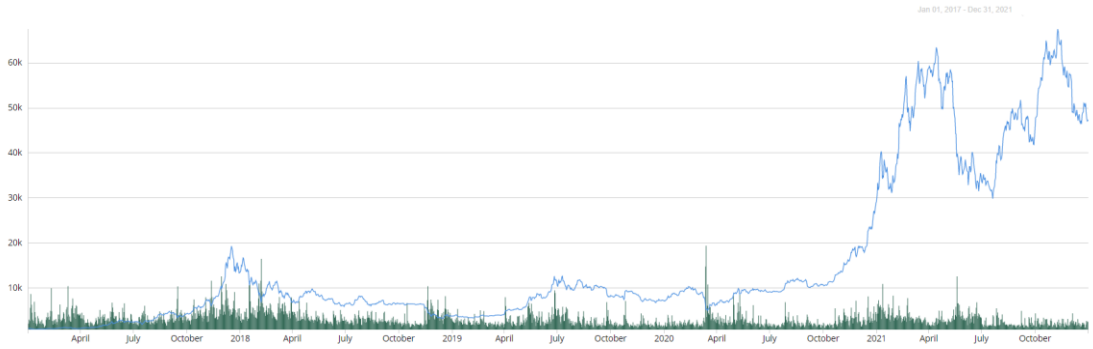
n: το μέγεθος του δείγματος

b_1: το τετράγωνο του συντελεστή ασυμμετρίας του δείγματος

b_2: ο συντελεστής κυρτότητας του δείγματος

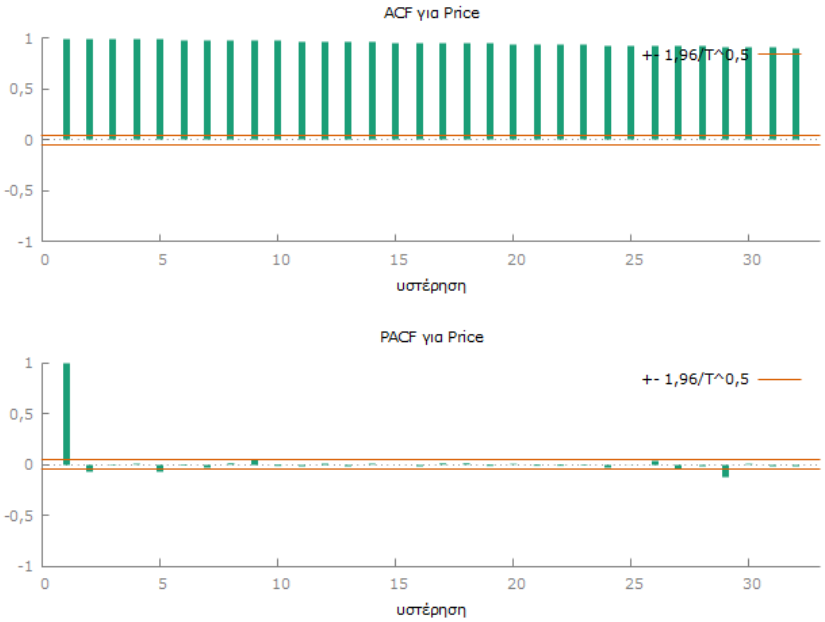
Η μηδενική υπόθεση του ελέγχου (H_0) είναι πως το δείγμα ακολουθεί την κανονική κατανομή και η εναλλακτική υπόθεση (H_1) υποδεικνύει το αντίθετο.

Η στατιστική ελέγχου Jarque-Bera στο δείγμα είναι ίση με 824,622 με p-value ίσο με το 0 (<0,05), κάτι που οδηγεί στην απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης και, κατ' επέκταση, στο συμπέρασμα πως οι τιμές του Bitcoin δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Επίσης, για τις αποδόσεις του Bitcoin, η στατιστική Jarque-Bera ισούται με 1326,88 και p-value ίσο με το μηδέν, κάτι που σημαίνει πως ούτε οι αποδόσεις προσεγγίζουν την κανονική κατανομή.



Διάγραμμα 2-Bitcoin 2017-2021

Το **Διάγραμμα 2** δείχνει την πορεία της τιμής του Bitcoin στο διάστημα 01/01/2017-31/12/2021 στο οποίο δεν είναι εμφανής η ύπαρξης κάποιας τάσης.



Διάγραμμα 3-Κορελόγραμμα Bitcoin

Το **Διάγραμμα 3** απεικονίζει το κορρελόγραμμα (διάγραμμα αυτοσυσχέτισης) των τιμών του Bitcoin για 32 υστερήσεις, όπως επιλέχθηκαν με το κριτήριο Akaike information (AIC). Όπως φανερώνει το κορελόγραμμα, η αυτοσυσχέτιση των υστερήσεων της τιμής μειώνεται με το χρόνο για επίπεδο σημαντικότητας 5%. Η μειούμενη τάση της αυτοσυσχέτισης είναι ένδειξη απουσίας περιοδικότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

Εμπειρικά αποτελέσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα εμπειρικά αποτελέσματα της μελέτης που πραγματοποιήθηκε σχετικά με την αποτελεσματικότητα της αγοράς του Bitcoin. Αφού αναλύθηκε η έννοια της αποτελεσματικότητας της αγοράς, παρουσιάστηκε η μεθοδολογία με την οποία θα προσεγγιστεί η μελέτη της αποτελεσματικότητας της αγοράς του κρυπτονομίσματος και τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν για αυτόν το σκοπό, εξετάζεται το ερευνητικό ερώτημα της παρούσας εργασίας, πραγματοποιώντας ένα σύνολο ελέγχων για την τυχαιότητα του Bitcoin.

Στους Πίνακες 2 και 3 φαίνονται τα αποτελέσματα για τον σταθερό όρο α της παλινδρόμησης και των καταλοίπων της, αντίστοιχα. Για να χαρακτηριστεί η διαδικασία στοχαστική, θα πρέπει ο σταθερός όρος να διαφέρει στατιστικώς ασήμαντα του μηδενός και τα κατάλοιπα να αποτελούν έναν τυχαίο διαταρακτικό όρο, που ακολουθεί την κανονική κατανομή, και να είναι ασυσχέτιστα. Οι Πίνακες 4 και 5 εξετάζουν τα ίδια στοιχεία για την παλινδρόμηση με χρονική υστέρηση, όπου ο σταθερός όρος και ο συντελεστής της απόδοσης με υστέρηση θα πρέπει να διαφέρουν στατιστικώς ασήμαντα από το μηδέν και τα κατάλοιπα να αποτελούν μια τυχαία μεταβλητή λευκού θορύβου. Οι Πίνακες 6 και 7 αποτελούνται από τα ευρήματα του επαυξημένου ελέγχου Dickey-Fuller για τη στασιμότητα της τιμής, των πρώτων διαφορών της και της απόδοσης του Bitcoin για 24 υστερήσεις, όπως υποδείχθηκε από το AIC. Υπενθυμίζεται πως η μη στασιμότητα είναι παράγοντας της αδυναμίας πρόβλεψης του μέλλοντος εξετάζοντας το παρελθόν. Ο Πίνακας 8 δείχνει τα αποτελέσματα του ελέγχου Ljung-Box για την αυτοσυσχέτιση των αποδόσεων του κρυπτονομίσματος για 1 έως 32 υστερήσεις. Στην ασθενή αποτελεσματικότητα, περιμένουμε οι αποδόσεις να μην είναι αυτοσυσχετισμένες, γιατί κάτι τέτοιο θα σήμαινε πως υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των παρατηρήσεων της χρονοσειράς. Ο Πίνακας 9 αποτελείται από τα ευρήματα του μη παραμετρικού ελέγχου Wald-Wolfowitz για την ανεξαρτησία των αποδόσεων. Η ύπαρξη ανεξαρτησίας των δεδομένων δηλώνει πως υπάρχουν μηδενικές αυτοσυσχετίσεις. Τέλος, στον Πίνακα 10 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου λόγου διακύμανσης Lo-MacKinlay για τις δυνάμεις του 2. Ο έλεγχος Lo-MacKinlay εξετάζει αν μια χρονοσειρά αποτελεί τυχαίο περίπατο.

6.1 Ανάλυση παλινδρόμησης

Υπόδειγμα Τυχαίου Περιπάτου

$$R_t = \alpha + \varepsilon_t$$

Πίνακας 2-Αποτελέσματα παλινδρόμησης για σταθερό όρο

Συντελεστής α	Τυπική απόκλιση	t-value	p-value
0,002124	0,000804	2,641	0,0083

Ο **Πίνακας 2** δείχνει ότι η μηδενική υπόθεση πως ο σταθερός όρος είναι στατιστικώς ασήμαντα διάφορος του μηδενός, δεν μπορεί να γίνει αποδεκτή για κανένα επίπεδο σημαντικότητας.

Επίσης, το Υπόδειγμα του Τυχαίου Περιπάτου έχει ως προϋπόθεση τα κατάλοιπα να είναι λευκός θόρυβος, δηλαδή να ακολουθούν την κανονική κατανομή και να μην είναι αυτοσυσχετισμένα.

Πίνακας 3-Αποτελέσματα παλινδρόμησης για τα κατάλοιπα

		p-value	
Jarque-Bera	467,273	0,000	
Έλεγχος LM	**Υστερήσεις**	**LMF**	**p-value**
	7	16,0189	0,000

Στον **Πίνακα 3** φαίνεται ο έλεγχος κανονικότητας που έγινε για τα κατάλοιπα, με τη στατιστική Jarque-Bera να ισούται με 467,273 και p-value 0,000. Επίσης, ο έλεγχος LM για την αυτοσυσχέτιση των καταλοίπων, φανερώνει πως δεν είναι δυνατή η απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για απουσία αυτοσυσχέτισής τους. Όλα τα παραπάνω καταδεικνύουν πως τα κατάλοιπα δεν είναι πανομοιότυπα και ανεξάρτητα κατανεμημένα.

Υπόδειγμα Τυχαίου Περιπάτου

$$R_t = \alpha_0 + \alpha_1 R_{t-1} + \varepsilon_t$$

Πίνακας 4-Αποτελέσματα παλινδρόμησης για σταθερούς όρους με υστέρηση

	Συντελεστής α	**Τυπική απόκλιση**	**t-value**	**p-value**
α_0	0,001617	0,000785	2,061	0,0395
α_1	0,229332	0,022795	10,06	0,000

Ο **Πίνακας 4** δείχνει ότι η μηδενική υπόθεση πως οι σταθεροί όροι είναι ασήμαντα διάφοροι του μηδενός, απορρίπτεται. Οπότε, δεν επιβεβαιώνεται η Υπόθεση του Τυχαίου Περιπάτου.

Πίνακας 5-Αποτελέσματα παλινδρόμησης για τα κατάλοιπα με υστέρηση

		p-value	
Jarque-Bera	419,566	0,000	
Έλεγχος LM	**Υστερήσεις**	**LMF**	**p-value**
	7	1,57142	0,139414

Ο **Πίνακας 5** δείχνει πως τα κατάλοιπα του υποδείγματος δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Παρ' όλα αυτά, ο έλεγχος LM καταδεικνύει πως είναι ασυσχέτιστα μεταξύ τους.

6.2 Έλεγχος ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας

Πίνακας 6-Αποτελέσματα ADF ελέγχου για τις τιμές και τις πρώτες διαφορές τους

	Τιμές			**Πρώτες Διαφορές**		
	ADF	**Υστερήσεις**	**p-value**	**ADF**	**Υστερήσεις**	**p-value**
α_0	-0,734022	24	0,8364	9,875	24	0,000
α_0 + T	-1,90967	24	0,6494	9,950	24	0,000

Ο αριθμός των υστερήσεων επιλέχθηκε σύμφωνα με το AIC.

Στον **Πίνακα 6** εμφανίζονται τα αποτελέσματα από τον επαυξημένο έλεγχο Dickey-Fuller για τις τιμές και τις πρώτες διαφορές τους. Όπως φαίνεται, στη χρονοσειρά των τιμών συμπεραίνεται η ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας τόσο με σταθερό όρο, όσο και με σταθερό όρο και

τάση. Οπότε, η σειρά σε κάθε περίπτωση είναι μη στάσιμη. Αντιθέτως, στις πρώτες διαφορές υπάρχει στασιμότητα.

Πίνακας 7-Αποτελέσματα ADF ελέγχου για τις αποδόσεις

	Αποδόσεις		
	ADF	**Υστερήσεις**	**p-value**
α_0	-27,8654	24	0,000
$\alpha_0 + T$	-27,8651	24	0,000

Ο αριθμός των υστερήσεων επιλέχθηκε σύμφωνα με το AIC.

Στον **Πίνακα 7** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ADF ελέγχου για τις αποδόσεις, όπου εξάγεται το συμπέρασμα πως η σειρά των αποδόσεων είναι στάσιμη.

6.3 Έλεγχος αυτοσυσχέτισης των αποδόσεων

Πίνακας 8-Αποτελέσματα Ljung-Box ελέγχου

Υστερήσεις	Q_{LB}	**p-value**
1	96,166	0,000
2	96,205	0,000
3	96,268	0,000
4	99,055	0,000
5	101,915	0,000
10	105,958	0,000
20	112,348	0,000
30	112,356	0,000
32	112,357	0,000

Ο μέγιστος αριθμός των υστερήσεων επιλέχθηκε σύμφωνα με το AIC.

Ο **Πίνακας 8** εμφανίζει τα αποτελέσματα του ελέγχου Ljung-Box, με βαθμό υστέρησης από 1 έως 32. Το συμπέρασμα που εξάγεται είναι πως υπάρχει υψηλή σειριακή συσχέτιση των αποδόσεων και, κατ' επέκταση, οι σειρές δεν είναι τυχαίες, καθώς η μηδενική υπόθεση του ελέγχου πως δεν υπάρχει συσχέτιση, απορρίπτεται για κάθε επίπεδο σημαντικότητας.

6.4 Παραμετρικός έλεγχος ανεξαρτησίας των αποδόσεων

Πίνακας 9-Αποτελέσματα Wald-Wolfowitz ελέγχου

r (+)	1010
r (-)	816
r (0)	0
Παρατηρήσεις (N)	1826
Θετικά runs	386
Αρνητικά runs	385
Σύνολο runs	771
Προσδοκώμενα runs	903,69
Τυπική Απόκλιση	21,1188
Z-stat	-6,283245

Ο **Πίνακας 9** δείχνει τα αποτελέσματα του παραμετρικού ελέγχου Wald-Wolfowitz. Σε σύνολο 1826 ημερών, παρατηρήθηκαν 1010 ημέρες με θετικές αποδόσεις, 816 με αρνητικές και καμία ημέρα με απόδοση ίση με το μηδέν. Τα runs των θετικών αποδόσεων ήταν 386 και των αρνητικών 385. Ενώ οι θετικές ημέρες ήταν περισσότερες, έχουν περίπου τον ίδιο αριθμό runs με τις αρνητικές. Αυτό σημαίνει πως οι αρνητικές ημέρες είχαν μεγαλύτερο μήκος (σερί) από τις θετικές. Τα προσδοκώμενα runs, δηλαδή ο μέσος του δείγματος ήταν 903,69 που απέχει πολύ από τα πραγματικά runs που ήταν 771. Αυτή η παρατήρηση προϊδεάζει πως το δείγμα δεν ακολουθεί έναν τυχαίο περίπατο. Τέλος, η Z-στατιστική, η οποία είναι -6,2832 μάς οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η μηδενική υπόθεση H_0, πως οι αποδόσεις είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, απορρίπτεται για κάθε επίπεδο σημαντικότητας και το αρνητικό της πρόσημο υποδεικνύει θετική σειριακή συσχέτιση.

6.5 Έλεγχος λόγου διακύμανσης

Πίνακας 10-Αποτελέσματα Lo-MacKinlay ελέγχου

Προσαυξήσεις	2	4	8	16	32
Var ratio	1,2277	1,3610	1,5323	1,8050	0,0311
Z-stat	9,728	8,2452	7,6902	7,8154	-6,4906
p-value	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Τα αποτελέσματα του ελέγχου Lo-MacKinlay, που φαίνονται στον **Πίνακα 10,** περιλαμβάνουν τον υπολογισμό του λόγου διακύμανσης για προσαυξήσεις που είναι τα πολλαπλάσια των 2, 4, 8 και 16 ημερών, με βάση την απόδοση της μιας ημέρας. Ο λόγος διακύμανσης για όλες τις παρατηρήσεις είναι διάφορος του 1, κάτι που φανερώνει αυτοσυσχέτιση των αποδόσεων και οδηγεί σε απόρριψη της Υπόθεσης του Τυχαίου Περιπάτου. Επιπρόσθετα, για τις προσαυξήσεις 2, 4, 8, 16, ο λόγος είναι μεγαλύτερος της μονάδας, κάτι που υποδηλώνει θετική αυτοσυσχέτιση.

6.6 Συζήτηση Αποτελεσμάτων

Η παρούσα εργασία ασχολήθηκε με την εξέταση της αποτελεσματικότητας της αγοράς του Bitcoin. Το σύνολο των ελέγχων που διενεργήθηκαν απορρίπτει την αποτελεσματικότητα της αγοράς του κρυπτονομίσματος στην ασθενή της μορφή. Λόγω των ευρημάτων, δύναται να εξαχθεί το συμπέρασμα περί απόρριψης της στοχαστικής, μη στάσιμης διαδικασίας του τυχαίου περιπάτου. Πιο συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα της ανάλυσης παλινδρόμησης, ο έλεγχος αυτοσυσχέτισης των αποδόσεων (Ljung-Box), το μη παραμετρικό run test για την ανεξαρτησία (Wald-Wolfowitz) και ο έλεγχος λόγου διακύμανσης (Lo-MacKinlay) για την πορεία τυχαίου περιπάτου των αποδόσεων του Bitcoin, απορρίπτουν το ενδεχόμενο της αποτελεσματικότητας. Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας συμβαδίζουν με την υπάρχουσα βιβλιογραφία για την αποτελεσματικότητα της αγοράς του Bitcoin. Η έρευνα είναι συνεπής με τα ευρήματα των μελετών των Urquhart (2016), Bariviera (2017) και Kristoufek (2018) σχετικά με την αποτελεσματικότητα της αγοράς του κρυπτονομίσματος στην ασθενή της μορφή και καταδεικνύει πως ακόμα και μετά την άνοδο της τιμής του και της αύξησης της κεφαλαιοποίησης της αγοράς του, παραμένει πληροφοριακά αναποτελεσματικό. Παρ' ολ' αυτά, η υπόθεση του Urquhart πως η αγορά γίνεται ολοένα και πιο αποτελεσματική, όσο

αυξάνεται η ωριμότητά της, δεν επιβεβαιώνεται, καθώς, στο διάστημα που επικεντρώθηκε η παρούσα εργασία, η κεφαλαιοποίηση ήταν μεγαλύτερη και το πλήθος των ενδιαφερομένων για το κρυπτονόμισμα ήταν μεγαλύτερο, σε σχέση με το διάστημα που πραγματοποίησε τη μελέτη του ο εν λόγω ερευνητής.

Η απουσία αποτελεσματικότητας στην αγορά του Bitcoin σημαίνει πως δεν αντικατοπτρίζει τη δίκαιη και πραγματική τιμή του, ενσωματώνοντας όλες τις διαθέσιμες και πραγματικές πληροφορίες σε αυτήν. Σε αυτήν την περίπτωση, έχουμε διαφορά μεταξύ πραγματικής αξίας και τιμής για το κρυπτονόμισμα. Από τη διαθέσιμη βιβλιογραφία, τις προηγούμενες εμπειρικές έρευνες, αλλά και την παρούσα εργασία, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα πως στην αγορά του κρυπτονομίσματος υπάρχουν ευκαιρίες χειραγώγησής της και υπερβαλλόντων αποδόσεων. Πιο συγκεκριμένα, υφίσταται η δυνατότητα εξισορροπητικής κερδοσκοπίας (arbitrage), λόγω της αδυναμίας της αγοράς του Bitcoin να του αποδώσει την κατάλληλη τιμή. Οι οντότητες που εκμεταλλεύονται το χάσμα μεταξύ πραγματικής αξίας και τιμής, αποκομίζουν κέρδη χωρίς κίνδυνο. Επίσης, κερδοσκόποι αποκτούν πρόσβαση σε εσωτερική πληροφόρηση, αξιοποιώντας την απουσία κάποιου νομικού πλαισίου, αλλά και ενός κεντρικού θεσμού που θα παρείχε προστασία στην αγορά του κρυπτονομίσματος.

Κατά τη γνώμη μας, ο βασικότερος λόγος της αναποτελεσματικότητας της αγοράς του Bitcoin είναι πως ενώ το κρυπτονόμισμα δημιουργήθηκε με σκοπό να αποτελέσει ένα αποκεντρωμένο σύστημα συναλλαγών κάνοντας χρήση της τεχνολογίας της Blockchain, κατέληξε να μετατραπεί σε ένα κερδοσκοπικό μέσο. Αρχικά, η ανταμοιβή που δίνεται στους χρήστες για την επίλυση του hash και της πραγματοποίησης του Proof of Work, είχε ως σκοπό να τους επιβραβεύσει για τη συνεισφορά τους στη λειτουργία του κρυπτονομίσματος, αλλά έφτασε στο σημείο να γίνει αυτοσκοπός τους, παραμερίζοντας τον αρχικό λόγο για τον οποίο δημιουργήθηκε το Bitcoin. Η αυξημένη ενασχόληση των χρηστών με την ανεύρεση του ορθού hash, οδήγησε στην αύξηση της πολυπλοκότητας των υπολογισμών που έπρεπε να πραγματοποιηθούν για την επίλυση και την παροχή της ανταμοιβής, γεγονός που αύξησε το ενδιαφέρον για το ίδιο το Bitcoin και, κατ’ επέκταση, η περιορισμένη προσφορά, παράλληλα με τη μεγάλη ζήτηση, οδήγησαν στην πλασματική αύξηση της τιμής του κρυπτονομίσματος. Όλα τα παραπάνω, σε συνδυασμό με την έλλειψη ρυθμιστικού πλαισίου και την απουσία ελέγχου από κάποια κεντρική αρχή, παρέχουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης εσωτερικής πληροφόρησης, ακόμα και επηρεασμού της τιμής του Bitcoin, όπως στο παράδειγμα του Elon Musk, με αποτέλεσμα μια μερίδα ατόμων να καρπώνεται υπερβάλλοντα κέρδη.

Τέλος, για να γίνει αποτελεσματική η αγορά του Bitcoin, χρειάζεται να της ασκηθεί μια μορφή ελέγχου. Για αυτόν το σκοπό, έχει προταθεί η θέσπιση ενός παγκόσμιου ρυθμιστικού πλαισίου, το οποίο θα αποκαταστήσει την τάξη, θα εμπνεύσει εμπιστοσύνη στο επενδυτικό κοινό και θα θέσει τα όρια του επιτρεπτού. Αν και κάτι τέτοιο φαντάζει πολύ δύσκολο, καθώς απαιτεί μεγάλο συντονισμό δυνάμεων και την ύπαρξη θέλησης για να πετύχει, θα βοηθούσε στη μεγέθυνση του δικτύου του κρυπτονομίσματος, γεγονός το οποίο θα διευκόλυνε την αύξηση της αποτελεσματικότητάς του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

Συμπεράσματα

Η παραπάνω έρευνα είχε ως σκοπό να εξετάσει την αποτελεσματικότητα της αγοράς του Bitcoin στην ασθενή μορφή της. Υπενθυμίζεται πως στην ασθενή μορφή, όλες οι παρελθούσες πληροφορίες αντικατοπτρίζονται στις τιμές των περιουσιακών στοιχείων και οι μελλοντικές τιμές δεν μπορούν να προβλεφθούν, καθώς οι μεταβολές τους είναι αποτέλεσμα τυχαίων γεγονότων. Συνεπώς, όταν μια αγορά είναι αποτελεσματική, τότε ο εκάστοτε επενδυτής δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει κανένα είδος ανάλυσης, έτσι ώστε να ανακαλύψει είτε κάποιο επαναλαμβανόμενο μοτίβο, είτε πληροφορίες που πηγάζουν από τους θεμελιώδεις δείκτες με σκοπό να πάρει καλύτερη θέση από τους υπόλοιπους συμμετέχοντες στην αγορά. Επίσης, σε μια αποτελεσματική αγορά η ανταμοιβή των επενδυτών είναι ανάλογη με το ρίσκο που αναλαμβάνουν και δεν υπάρχει η δυνατότητα για κάποιον να καρπώνεται συνεχώς μεγαλύτερα κέρδη από αυτά. Η αύξηση του ενδιαφέροντος για τα κρυπτονομίσματα γενικότερα και για το Bitcoin ειδικότερα, οδήγησε την ακαδημαϊκή κοινότητα και τους επενδυτές να ξεπεράσουν την αρχική τους δυσπιστία και να δείξουν μεγαλύτερη προσοχή στην εξέταση της συμπεριφοράς του. Έτσι, οι πρώτες έρευνες που μελέτησαν την αγορά του κρυπτονομίσματος συνέκλιναν, ως επί το πλείστον, στην άποψη πως η αγορά του είναι πληροφοριακά αναποτελεσματική. Μια έρευνα η οποία υπήρξε σημείο αναφοράς για πολλές άλλες ήταν αυτή του Urquhart (2016) «Η αναποτελεσματικότητα του Bitcoin» στην οποία ο ερευνητής δηλώνει πως αν και η αγορά του κρυπτονομίσματος χαρακτηρίζεται από έλλειψη αποτελεσματικότητας, αυτή δείχνει να αυξάνεται με τον καιρό και σημαντικό ρόλο για αυτό το αποτέλεσμα έχουν η αύξηση της ωριμότητας της αγοράς του και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον που δείχνουν οι αναλυτές και η ακαδημαϊκή κοινότητα. Με αφορμή όλα τα παραπάνω, η παρούσα εργασία επικεντρώθηκε στο να απαντήσει αν υπάρχουν ευκαιρίες χειραγώγησης της αγοράς, είτε με χρήση ανάλυσης, είτε αξιοποιώντας εσωτερική πληροφόρηση. Επίσης, οι προηγούμενες έρευνες που υπάρχουν στη βιβλιογραφία, επικεντρώνονται σε παλαιότερες περιόδους και παρουσιάζει ενδιαφέρον να απαντηθεί αν η αγορά του κρυπτονομίσματος παραμένει αναποτελεσματική ακόμα και μετά την αύξηση της κεφαλαιοποίησής του και της ωριμότητας της αγοράς του.

Για να απαντηθούν τα παραπάνω ερευνητικά ερωτήματα χρησιμοποιήθηκε μεθοδολογία που είχε ως σκοπό να διαπιστώσει αν οι παρελθούσες πληροφορίες

ενσωματώνονται στην παρούσα τιμή και αν οι μελλοντικές τιμές κυμαίνονται βάσει τυχαίων γεγονότων. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης για να διαπιστωθεί αν η πορεία της τιμής του Bitcoin αποτελεί μια στοχαστική διαδικασία, όπου οι αποδόσεις του κρυπτονομίσματος θα έπρεπε να ίσες με τα κατάλοιπα τα οποία, αν ισχύει ο τυχαίος περίπατος, είναι ένας διαταρακτικός όρος λευκού θορύβου. Επίσης, πραγματοποιήθηκε επαυξημένος έλεγχος Dickey-Fuller για να εξεταστεί η στασιμότητα των χρονοσειρών της τιμής και της απόδοσης, έτσι ώστε να καταλήξουμε αν υπάρχει δυνατότητα πρόβλεψής τους. Ακόμα, μελετήθηκε η αυτοσυσχέτιση των αποδόσεων με τον έλεγχο των Ljung-Box, καθώς σε ένα υπόδειγμα τυχαίου περιπάτου, αυτές πρέπει να μη σχετίζονται μεταξύ τους. Επιπλέον, για την ανεξαρτησία των αποδόσεων έγινε χρήση του μη παραμετρικού ελέγχου Wald-Wolfowitz, αφού είναι ένας ακόμα τρόπος να ελεγχθεί η ύπαρξη σχέσης των αποδόσεων. Τέλος, πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος λόγου διακύμανσης Lo-MacKinlay ο οποίος εξακριβώνει αν μια χρονοσειρά αποτελεί υπόδειγμα τυχαίου περιπάτου. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, αφορούσαν το σύνολο της περιόδου 2017-2021, το οποίο επιλέχθηκε για να εξεταστεί αν τα ευρήματα των μελετών που υπάρχουν στη βιβλιογραφία επαληθεύονται και για το προαναφερόμενο διάστημα, καθώς οι συγκεκριμένες έρευνες εξετάζουν την αγορά του Bitcoin για παλαιότερες χρονικές περιόδους. Ένας ακόμη λόγος που επιλέχθηκε η συγκεκριμένη περίοδος ήταν το γεγονός πως το κρυπτονόμισμα στις αρχές του 2017 έσπασε το φράγμα των 1.000$ και η κεφαλαιοποίηση της αγοράς του αυξήθηκε κατακόρυφα σε σχέση με τις περιόδους που είχαν μελετηθεί στο παρελθόν.

Το σύνολο των ελέγχων που πραγματοποιήθηκαν οδηγούν στην άποψη πως η αγορά του Bitcoin παραμένει αναποτελεσματική, καθώς το κρυπτονόμισμα απέτυχε να δώσει κάποιο σημάδι προς την αντίθετη κατεύθυνση. Επομένως, το συμπέρασμα της παρούσας εργασίας έρχεται σε συμφωνία με το μεγαλύτερο μέρος της υπάρχουσας βιβλιογραφίας και των εμπειρικών μελετών και η αγορά του Bitcoin παραμένει αναποτελεσματική ακόμα και μετά την αύξηση της κεφαλαιοποίησης και του μεγέθους της αγοράς του. Όπως, αναφέρθηκε στην επισκόπηση της βιβλιογραφίας είναι δύσκολο να διευκρινιστεί η ταυτότητα του κρυπτονομίσματος ως περιουσιακό στοιχείο και αυτό σε συνδυασμό με την αναποτελεσματικότητά του, καθιστά το Bitcoin ευάλωτο σε κερδοσκοπικές επιθέσεις, αφού υπάρχουν ευκαιρίες για υπερβάλλοντα κέρδη με τη χρήση ανάλυσης, arbitrage και εσωτερικής πληροφόρησης. Όπως αναλύθηκε πρωτύτερα, οι αγορές των παραδοσιακών assets χαρακτηρίζονται από αποτελεσματικότητα στο μεγαλύτερο μέρος τους και αυτό λόγω της ωριμότητάς τους και το πλήθος των επενδυτών που δραστηριοποιούνται σε αυτές, αλλά και

του ρυθμιστικού και θεσμικού πλαισίου που τις εποπτεύει. Γενικότερα, οι παράγοντες που οδηγούν στην αναποτελεσματικότητα του Bitcoin είναι αρκετοί και σοβαροί και έχουν να κάνουν περισσότερο με την έλλειψη εμπιστοσύνης από το κοινό, αλλά και χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων για την αγορά του κρυπτονομίσματος και αυτό έχει ως συνέπεια να εμποδίζεται η μεγέθυνση της αγοράς του και κατ' επέκταση η αποτελεσματικότητά του. Για παράδειγμα, η συμμετοχή μεγάλων ιδρυμάτων στο χώρο των κρυπτονομισμάτων θα λειτουργούσε ως αποτρεπτικός παράγοντας για εξισορροπητική κερδοσκοπία, αφού η μεταφορά κεφαλαίων για τα ιδρύματα δεν υπόκειται στους ίδιους περιορισμούς που αντιμετωπίζουν οι ιδιώτες. Όμως η απουσία ρυθμιστικού πλαισίου αποθαρρύνει τα μεγάλα ιδρύματα να συμμετέχουν στην αγορά του Bitcoin. Επίσης, η περιορισμένη προσφορά και η αυξημένη ζήτηση οδηγούν στην απόκλιση τιμής και πραγματικής αξίας, αφού η όποια τιμή δεν αντικατοπτρίζει την πραγματική αξία του κρυπτονομίσματος, το οποίο αποτυγχάνει ακόμα και να γίνει αποδεκτό ως αναγνωρισμένο ανταλλακτικό μέσο.

Οι περιορισμοί που αντιμετωπίστηκαν στην παρούσα έρευνα, αφορούσαν κυρίως στην άντληση αξιόπιστων δεδομένων. Η απουσία κάποιου κεντρικού οργανισμού ή ιδρύματος, οδήγησε στην αναζήτηση για το ιστορικό των τιμών του κρυπτονομίσματος από σχετικές ιστοσελίδες του διαδικτύου, οι οποίες αξίωναν υψηλό κόστος για την παροχή των υπηρεσιών τους. Προτιμήθηκε η ιστοσελίδα www.bitcoinaverage.com που συνδύαζε με το βέλτιστο τρόπο τους παράγοντες της αξιοπιστίας και του χαμηλού κόστους άντλησης δεδομένων. Επίσης, κάποιοι από τους ελέγχους που χρησιμοποιήθηκαν, έχουν κάποιες περιοριστικές υποθέσεις (π.χ. ομοσκεδαστικότητα, κανονικότητα) και μια πιο προχωρημένη μεθοδολογία θα είχε πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Τέλος, όπως έγινε αντιληπτό από την παρούσα έρευνα, η εξέλιξη της τιμής του Bitcoin δεν καθοδηγείται αποκλειστικά από τις διαθέσιμες πληροφορίες. Έτσι, θα είχε ενδιαφέρον να μελετηθεί η συμπεριφορά του από τη σκοπιά της Συμπεριφορικής Οικονομικής για να εξεταστεί αν ψυχολογικοί παράγοντες είναι αυτοί που καθορίζουν την πορεία του. Αναφέρεται ενδεικτικά το παράδειγμα του Elon Musk, ο οποίος με ένα tweet του κατόρθωσε να ανεβάσει τη τιμή του κρυπτονομίσματος, μέσα σε λίγες ώρες, κατά περίπου 20%

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Alvarez-Ramirez, J., Cisneros, M., Ibarra-Valdez, C., & Soriano, A. (2002). Multifractal Hurst analysis of crude oil prices. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 313(3–4), 651–670.

Al-Yahyaee, K. H., Mensi, W., & Yoon, S. M. (2018). Efficiency, multifractality, and the long-memory property of the Bitcoin market: A comparative analysis with stock, currency, and gold markets. Finance Research Letters, 27, 228–234.

Ante, L. (2021). How Elon Musk's Twitter activity moves cryptocurrency markets. BRL Working Paper Series No. 16.

Bachelier L. (1900). Théorie de la speculation. Annales scientifiques de l'É.N.S. 3e série, tome 17 (1900), p. 21-86.

Barber, B., Hirshleifer, D., Kothari, S. P., Lamont, O., Mitchell, M., Shefrin, H., Shiller, R., Sinquefield, R., Thaler, R., Vermaelen, T., Vishny, R., Welch, I., & Fama, E. F. (1998). The comments of Market efficiency, long-term returns, and behavioral finance. Journal of Financial Economics, 49, 283–306.

Bariviera, A. F. (2017). The inefficiency of Bitcoin revisited: A dynamic approach. Economics Letters, 161, 1–4.

Baur, D. G., & McDermott, T. K. (2010). Is gold a safe haven? International evidence. Journal of Banking & Finance, 34(8), 1886–1898.

Baur, D. G., Hong, K. H., & Lee, A. D. (2018). Bitcoin: Medium of exchange or speculative assets? Journal of International Financial Markets, Institutions and Money, 54, 177–189.

Bohr, J., & Bashir, M. (2014). Who Uses Bitcoin? An exploration of the Bitcoin community. 2014 12th Annual Conference on Privacy, Security and Trust, PST 2014, 94–101.

Boudoukh, J., Richardson, M. P., & Whitelaw, R. F. (1994). A tale of three schools: insights on autocorrelations of short-horizon stock returns. The Review of Financial Studies, 7(3), 539–573.

Bouoiyour, J., & Selmi, R. (2015). What Does Bitcoin Look Like? Annals Of Economics And Finance, 16(2), 449–492.

Bouoiyour, J., Selmi, R., Tiwari, A. K., & Olayeni, O. R. (2016). Volume 36, Issue 2 What drives Bitcoin price?, 36 (2), 843-850

Box, G. and Pierce, D. (1970). Distribution of residual autocorrelations in autoregressive integrated moving average time series models, Journal of the American Statistical Association 65, 1509-26.

Brauneis, A., & Mestel, R. (2018). Price discovery of cryptocurrencies: Bitcoin and beyond. Economics Letters, 165, 58–61.

Campbell, J. Y., & Shiller, R. J. (2001). Valuation Ratios and the Long-Run Stock Market Outlook: An Update. NBER Working Paper. (8221).

Charles A., Darné O. (2009) The efficiency of the crude oil markets: Evidence from variance ratio tests. Energy Policy, Elsevier, 37 (11), pp.4267-4272.

Chaum, D. (1983). Blind signatures for untraceable payments. Advances in Cryptology, Proceedings of Crypto 82, 199–203.

Ciaian, P., Rajcaniova & D', M., Kancs, A., & Rajcaniova, M. (2016). The economics of BitCoin price formation. Applied Economics, 48, 1799–1815.

cointegration, Oxford University Press.

Courtault, J.-M., Kabanov, Y., Bru, B., Crépel, P., Lebon, I., & le Marchand, A. (2000). Louis Bachelier On The Centenary Of Théorie De La Spéculation. Mathematical Finance, 10(3), 341–353.

Daniel, K., Grinblatt, M., Titman, S., & Wermers, R. (1997). Measuring Mutual Fund Performance with Characteristic-Based Benchmarks. The Journal of Finance, 52(3), 1035.

Dastgir, S., Demir, E., Downing, G., Gozgor, G., & Lau, C. K. M. (2019). The causal relationship between Bitcoin attention and Bitcoin returns: Evidence from the Copula-based Granger causality test. Finance Research Letters, 28, 160–164.

Degutis, A., & Novickytė, L. (2014). The Efficient Market Hypothesis: A Critical Review Of Literature And Methodology. Ekonomika 93(2), 7-23.

Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (2012). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. Journal of the American Statistical Association, 74(366a), 427–431.

Dimson, E., & Mussavian, M. (1998). A brief history of market efficiency. European Financial Management, 4(1), 91–193.

Dow, J., & Gorton, G. (1997). Stock Market Efficiency and Economic Efficiency: Is There a Connection? The Journal of Finance, 52(3), 1087–1129.

Duan, K., Urquhart, A., Ye, J., & Li, Z. (2021). Dynamic efficiency and arbitrage potential in Bitcoin: A long-memory approach Study on Energy Transitions towards Green and Low-carbon System in the Belt and Road Countries View project Memory and Dynamic Co-movements in Bitcoin Markets: Fractionally Co-integrated VAR model. View project Dynamic Efficiency and Arbitrage Potential in Bitcoin: A Long-memory Approach. Article in International Review of Financial Analysis. 75, 5, 2021

Dyhrberg, A. H. (2016). Bitcoin, gold and the dollar – A GARCH volatility analysis. Finance Research Letters, 16, 85–92.

Engle and C. W.J. Granger (1991), Long-run economic relationships: Readings in Cointegration. Oxford University Press

Fama E. (1965). The Behavior of Stock-Market Prices. The Journal of Business, 38(1), 34-105.

Fama E. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. The Journal of Finance. 25(2), 383-417.

Fama E., Blume M. (1966). Filter Rules and Stock-Market Trading. The Journal of Business, 39(1), 226-241.

Fama, E. F., Booth, D., Bradley, M., Brennan, M., Buser, S., Campbell, J., Chen, N.-F., Cochrane, J., Constantinides, G., Ferson, W., French, K., Harvey, C., Ippolito, R., Jensen, M., Kaul, G., Lakonishok, J., Mcdonald, B., Merton, R., Mitchell, M., … Warner, J. (1991). Efficient Capital Markets: II The comments of Fischer Black. The Journal Of Finance *, XlVI(5).

Fama, E. F., French, K. R., Constantinides, G., Ferson, W., George, E., Harvey, C., Lakonishok, J., Sinquefield, R., Stulz, R., & Zmijeweski, M. (1992). The Cross-Section of Expected Stock Returns. The Journal Of Finance, XLVII(2).

Feng, W., Wang, Y., & Zhang, Z. (2018). Informed trading in the Bitcoin market. Finance Research Letters, 26, 63–70.

Ferreira, C. (2012). Bank efficiency, market concentration and economic growth in the European Union School of Economics and Management Bank efficiency, market concentration and economic growth in the European Union Bank efficiency, market concentration and economic growth in the European Union, 38-2012.

Frankfurter, G. M., McGoun, E. G., & Collete, L. F. (2001). Grids and accounting View project Nature of dividends View project Anomalies in finance What are they and what are they good for? International Review of Financial Analysis 10, 407–429.

Grossman S., Stiglitz J. (1980). On the Impossibility of Informationally Efficient Markets. The American Economic Review. 70, 393-408.

Haber, S., & Stornetta, W. S. (1991). How to Time-Stamp a Digital Document. LNCS, 537, 437–455.

Ito, M., & Sugiyama, S. (2009). Measuring the degree of time varying market inefficiency. Economics Letters, 103(1), 62–64.

Jarque, C. M., & Bera, A. K. (1980). Efficient Tests For Normality, Homoscedasticity And Serial Independence Of Regression Residuals. Economics Letters, 6, 255–259.

Jensen, M. C. (1978). Some Anomalous Evidence Regarding Market Efficiency. Journal of Financial Economics, 6(3), 95–101.

Kaiser, L. (2019). Seasonality in cryptocurrencies. Finance Research Letters, 31, 232–238.

Kajtazi, A., & Moro, A. (2019). The role of bitcoin in well diversified portfolios: A comparative global study. International Review of Financial Analysis, 61, 143–157.

Karz G. (2010). Historical Stock Market Anomalies. Investor home.

Kendall, M. G., & Hill, A. B. (1953). The Analysis of Economic Time-Series-Part I: Prices. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General), 116(1), 11.

Köchling, G., Müller, J., & Posch, P. N. (2019). Price delay and market frictions in cryptocurrency markets. Economics Letters, 174, 39–41.

Kristoufek, L. (2018). On Bitcoin markets (in)efficiency and its evolution. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 503, 257–262.

Krueckeberg, S., Krückeberg, S., & Scholz, P. (2019). Decentralized Efficiency? Arbitrage in Bitcoin Markets Size Matters! How Position Sizing Drives the Performance of Technical Timing Strategies View project Better the Devil You Know Than the Devil You Don't Financial Crises between Ambiguity Aversion and Selective Perception View project Decentralized Efficiency? Arbitrage in Bitcoin Markets. Financial Analysts Journal, 135-152.

Kuhn T., (1962). The Structure of Scientific Revolutions, Foundations of the Unity of Science, International Encyclopedia of Unified Science, University of Chicago

Latif M., Arshad S., Fatima M., Farooq S. (2011). Market Efficiency, Market Anomalies, Causes, Evidences, and Some Behavioral Aspects of Market Anomalies. Research Journal of Finance and Accounting. 2(9).

Lean, H. H., McAleer, M., & Wong, W. K. (2010). Market efficiency of oil spot and futures: A mean-variance and stochastic dominance approach. Energy Economics, 32(5), 979–986.

Lim, K. P., & Brooks, R. (2011). The Evolution of Stock Market Efficiency Over Time: A Survey of the Empirical Literature. Journal of Economic Surveys, 25(1), 69–108.

Ljung, G. and Box, G. (1978). On a measure of lack of fit in time series models, Biometrica 66, 67-72.

Lo A., MacKinlay C. (1999). A Non-Random Walk Down Wall Street. Princeton University Press.

Lo, A. W. (2004). The Adaptive Markets Hypothesis. The Journal of Portfolio Management, 30(5), 15–29.

Lo, A. W., Mamaysky, H., & Wang, J. (2000). Foundations of Technical Analysis: Computational Algorithms, Statistical Inference, and Empirical Implementation. The Journal of Finance, 55(4), 1705–1765.

Lo, W. and MacKinlay, A. (1988). Stock market prices do not follow random walks: evidence from a simple specification test, Review of Financial Studies 1, 41-66.

MacKinnon, J. G. (1991). Critical Values for Cointegration Tests, Chapter 13 in R. F.

Malkiel, B. G. (2003). The Efficient Market Hypothesis and Its Critics. Journal of Economic Perspectives. 17 (1), 59–82.

Nadarajah, S., & Chu, J. (2017). On the inefficiency of Bitcoin. Economics Letters, 150, 6–9.

Nakamoto, S. (2009). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Retrieved October 18, 2022, from www.bitcoin.org

Nofer, M., Gomber, P., Hinz, O., & Schiereck, D. (2017). Blockchain. Business & Information Systems Engineering, 59, 183-187.

Pearson K. (1905). "Das Fehlergesetz und Seine Verallgemeinerungen Durch Fechner und Pearson." A Rejoinder. Biometrika. 4(1/2),169-212.

Philippas, D., Rjiba, H., Guesmi, K., & Goutte, S. (2019). Media attention and Bitcoin prices. Finance Research Letters, 30, 37–43.

Pierdzioch, C., Risse, M., & Rohloff, S. (2014). On the efficiency of the gold market: Results of a real-time forecasting approach. International Review of Financial Analysis, 32, 95–108.

Quiggin J. (2013). The Bitcoin Bubble and a Bad Hypothesis. The National Interest.

Rizvi, S. A. R., Dewandaru, G., Bacha, O. I., & Masih, M. (2014). An analysis of stock market efficiency: Developed vs Islamic stock markets using MF-DFA. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 407, 86–99.

Samuelson, P. A. (1965). Proof that Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly. Industrial Management Review, Spring, 6:2.

Shen, D., Urquhart, A., & Wang, P. (2019). Does twitter predict Bitcoin? Economics Letters, 174, 118–122.

Shiller R., (2000). Irrational Exuberance, Princeton University Press

Sigaki, H. Y. D., Perc, M., & Ribeiro, H. v. (2019). Clustering patterns in efficiency and the coming-of-age of the cryptocurrency market. Scientific Reports 2019 9:1, 9(1), 1–9.

Sweeney, R. J. (1988). Some New Filter Rule Tests: Methods and Results. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 23(3), 285–300.

Taylor, S. J. (1982). Tests of the Random Walk Hypothesis Against a Price-Trend Hypothesis. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 17(1), 37–61.

Tiwari, A. K., Jana, R. K., Das, D., & Roubaud, D. (2018). Informational efficiency of Bitcoin—An extension. Economics Letters, 163, 106–109.

Tran, V. le, & Leirvik, T. (2020). Efficiency in the markets of crypto-currencies. Finance Research Letters, 35, 101382.

Tschoegl, A. E. (1980). Efficiency in the gold market — a note. Journal of Banking & Finance, 4(4), 371–379.

Urquhart, A. (2016). The inefficiency of Bitcoin. Economics Letters, 148, 80–82.

Urquhart, A. (2018). What causes the attention of Bitcoin? Economics Letters, 166, 40–44.

Vidal-Tomás, D., & Ibañez, A. (2018). Semi-strong efficiency of Bitcoin. Finance Research Letters, 27, 259–265.

Wald A., Wolfowitz J. (1940). On a Test Whether Two Samples are from the Same Population. The Annals of Mathematical Statistics. 11(2). 147-162.

Wei, W. C. (2018). Liquidity and market efficiency in cryptocurrencies. Economics Letters, 168, 21–24.

www.bitcoinaverage.com

Xie, Z., Dai, S., Chen, H.-N., & Wang, X. (2018). Blockchain challenges and opportunities: a survey. International Congress on Big Data, 14(4), 352–375.

Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2019). Blockchain Technology Overview. National Institute of Standards and Technology Report, 8202, 4-68.

Yen, G., & Lee, C. F. (2008). Efficient market hypothesis (EMH): Past, present and future. Review of Pacific Basin Financial Markets and Policies, 11(2), 305–329.

Yermack, D. (2015). Is Bitcoin a Real Currency? An Economic Appraisal. Handbook of Digital Currency: Bitcoin, Innovation, Financial Instruments, and Big Data, 31–43.

Zhang, B., Li, X. M., & He, F. (2014). Testing the evolution of crude oil market efficiency: Data have the conn. Energy Policy, 68, 39–52.

Zhang, W., Wang, P., Li, X., & Shen, D. (2018). The inefficiency of cryptocurrency and its cross-correlation with Dow Jones Industrial Average. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 510, 658–670.