



ATHENS UNIVERSITY
OF ECONOMICS
AND BUSINESS

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΕΥΡΩΠΑΙΚΩΝ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΑ & ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ : ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ Η ΦΟΥΣΚΑ; ΜΙΑ ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΜΠΡΙΑΚΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΣΚΟΥΡΑΣ ΣΠΥΡΟΣ

ΑΘΗΝΑ
2023

«Ο Μπριάκος Νικόλαος βεβαιώνω ότι το έργο που εκπονήθηκε και παρουσιάζεται στην υποβαλλόμενη διπλωματική εργασία είναι αποκλειστικά ατομικά δικό μου. Όποιες πληροφορίες και υλικό που περιέχονται έχουν αντληθεί από άλλες πηγές, έχουν καταλλήλως αναφερθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία. Επιπλέον τελώ εν γνώσει ότι σε περίπτωση διαπίστωσης ότι δεν συντρέχουν όσα βεβαιώνονται από μέρους μου η εργασία μου θα μηδενιστεί.»

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα κρυπτονομίσματα και η αποκεντρωμένη χρηματοοικονομική (DeFi) έχουν δει τεράστια ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, με ένα ευρύ φάσμα πλεονεκτημάτων και χρήσεων τους να τα κάνει να ξεχωρίζουν. Ωστόσο, αυτή η άνοδος έχει επίσης εγείρει ανησυχίες για το ενδεχόμενο οικονομικών φυσαλίδων, οι οποίες μπορεί να έχουν σοβαρές συνέπειες για τους υποψήφιους επενδυτές αλλά και γενικότερα για την οικονομία. Η αυξανόμενη υιοθέτηση αυτών των τεχνολογιών, τις έχει κάνει ένα αμφιλεγόμενο θέμα μελέτης. Στο πρώτο μέρος της εργασίας, παρέχεται θεωρητική ανάλυση της φύσης του χρήματος, των πλεονεκτημάτων και των κινδύνων της τεχνολογίας Blockchain τα οποία αποτελούν απαραίτητα εργαλεία για την αξιολόγηση των δυνατοτήτων των κρυπτονομισμάτων και του DeFi. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται μια ενδελεχής εξέταση των οικονομικών φυσαλίδων, αποτυπώνοντας το υπόβαθρο τους και αξιολογώντας τις σημαντικότερες περιπτώσεις φούσκας που παρατηρήθηκαν στις παγκόσμιες αγορές. Παρουσιάζεται μια τεχνική ανάλυση των μεθοδολογιών που ανέπτυξαν οι Phillips, Shi και Yu για την προσπάθεια ανίχνευσης τους. Επίσης, εξετάζεται η πορεία της αγοράς κρυπτονομισμάτων την εποχή του κορονοϊού, μελετώντας τα γεγονότα που προκάλεσαν σημαντικές διακυμάνσεις τιμών και βοήθησαν στην δημιουργία υποψίας φούσκας. Συγκρίνονται τα δεδομένα ενός δείγματος δεκαέξι κρυπτονομισμάτων για να κατανοηθεί καλύτερα η δυναμική και η συσχέτιση τους, αλλά και πως συμπεριφέρεται η συνολική αγορά. Χρησιμοποιείται ο αναδρομικός έλεγχος μοναδιαίας ρίζας δεξιάς ουράς για να εντοπιστούν πιθανές φυσαλίδες σε κάθε κρυπτονόμισμα αλλά και στο συνολικό δείγμα την περίοδο της πανδημίας, καθώς επίσης αναλύεται η δυναμική του ελέγχου GSADF και η ικανότητα του να προβλέπει μια φούσκα πριν αυτή εκραγεί. Στο τελευταίο μέρος της εργασίας, διερευνάται η δυνατότητα δημιουργίας επενδυτικών στρατηγικών αλλά και η χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης με τη βοήθεια του στατιστικού GSADF, αναπτύσσοντας ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο LSTM για την πρόβλεψη της μελλοντικής τιμής του Bitcoin.

ABSTRACT

Cryptocurrencies and decentralised finance (DeFi) have seen tremendous growth in recent years, with a wide range of benefits and uses making them stand out. However, this rise has also raised concerns about the potential for financial bubbles, which can have serious consequences for prospective investors and the economy in general. The increasing adoption of these technologies has made them a controversial topic of study. In this paper, the first chapter provides a theoretical analysis of the nature of money, the advantages and risks of Blockchain technology which are essential tools for evaluating the potential of cryptocurrencies and DeFi. Then, a thorough examination of financial bubbles is carried out, capturing their background and evaluating the most important bubble cases observed in global markets. A technical analysis of the methodologies developed by Phillips, Shi and Yu to try to detect them is presented. The course of the cryptocurrency market during the coronavirus era is also examined, studying the events that caused significant price fluctuations and helped create the suspicion of a bubble. Data from a sample of sixteen cryptocurrencies are compared to better understand their dynamics and correlation, as well as how the overall market behaves. The right-tail unit root recursive unit root test is used to identify potential bubbles in each cryptocurrency and in the overall sample during the pandemic period, and the dynamics of the GSADF test and its ability to predict a bubble before it bursts are analyzed. Finally, the possibility of creating trading strategies and using machine learning algorithms with the help of GSADF statistic is explored by developing an artificial neural network LSTM to predict the future price of Bitcoin.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
2.1 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΧΡΗΜΑΤΟΣ.....	7
2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΧΡΗΜΑΤΟΣ	7
2.3 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ.....	8
2.4 ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΑ.....	8
2.4.1 Η ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΩΝ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΩΝ.....	8
2.4.2 Η ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ BITCOIN.....	9
3. BLOCKCHAIN.....	10
3.1 Η ΓΕΝΝΗΣΗ ΤΟΥ BLOCKCHAIN.....	10
3.2 ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ BLOCKCHAIN.....	11
3.3 ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ.....	12
4. DeFi.....	14
4.1 ΘΕΩΡΙΕΣ ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΣΗΣ.....	14
4.2 Η ΠΟΛΥΠΛΟΚΗ ΈΝΝΟΙΑ ΤΟΥ DeFi.....	14
4.3 ΈΞΥΠΝΑ ΣΥΜΒΟΛΑΙΑ.....	14
4.4 Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ DeFi.....	15
4.5 DeFi vs CeFi.....	16
4.6 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ DeFi.....	17
4.6.1 ΤΑ ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΑ ΧΡΗΜΑΤΙΣΤΗΡΙΑ	17
4.6.2 ΟΙ ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΕΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ ΔΑΝΕΙΣΜΟΥ	17
4.6.3 ΤΑ STABLECOINS	17
4.6.4 ΤΑ NON FUNGIBLE TOKENS NFTs	18
4.7 ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ DeFi.....	19
4.7.1 MAKERDAO.....	19
4.7.2 CHAINLINK.....	19
4.7.3 POLYGON.....	20
4.8 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ.....	20
4.8.1 Η ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΒΙΑΣΕΩΝ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	20
4.8.2 Η ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ	20
4.8.3 Ο ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΟΤΗΤΑΣ	21
4.8.4 Ο ΚΙΝΔΥΝΟΣ ORACLE.....	21
4.8.5 Ο ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥ ΚΙΝΗΤΡΟΥ	21
4.8.6 Η ΧΕΙΡΑΓΩΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ.....	22
4.9 Η ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ DeFi.....	22
5. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΦΟΥΣΚΑ.....	24
5.1 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΦΟΥΣΚΕΣ ΠΟΥ ΈΜΕΙΝΑΝ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ.....	24
5.1.1 Η ΜΑΝΙΑ ΤΗΣ ΤΟΥΛΙΠΙΑΣ.....	24
5.1.2 Η ΦΟΥΣΚΑ SOUTH SEA.....	25
5.1.3 Η ΦΟΥΣΚΑ DOT COM.....	26
5.1.4 Η ΦΟΥΣΚΑ ΤΗΣ ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΑΚΙΝΗΤΩΝ.....	27
5.2 ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΜΙΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΦΟΥΣΚΑΣ.....	28
5.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	29
5.3.1 ΜΕΘΟΔΟΙ PWY ΚΑΙ PSY	29
5.3.2 ΚΡΙΤΙΚΕΣ.....	30
5.4 ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	31
5.4.1 ADF.....	31
5.4.2 SADF.....	32

5.4.3 GSADF	32
5.4.4 BSADF.....	33
5.4.5 PANEL GSADF.....	34
6. Η ΦΟΥΣΚΑ ΤΩΝ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΩΝ.....	36
6.1 Το ΞΕΦΡΕΝΟ ΡΑΛΙ.....	36
6.2 Η ΠΤΩΣΗ.....	36
6.2.1 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ LUNA	37
6.2.2 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ CELSIUS	38
6.2.3 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ FTX.....	38
6.3 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΦΟΥΣΚΑΣ ΤΩΝ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΩΝ.....	39
6.4 Η ΔΙΑΡΚΗΣ ΑΝΑΚΑΜΨΗ.....	40
7. ΈΡΕΥΝΑ.....	42
7.1 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΈΡΕΥΝΑΣ.....	42
7.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	43
7.2.1 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΩΝ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΩΝ.....	43
7.2.2 ΈΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ JOHANSEN.....	44
7.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ.....	45
7.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ GSADF.....	46
7.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ PANEL GSADF ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΤΩΝ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΩΝ.....	49
7.6 Ο ΈΛΕΓΧΟΣ GSADF ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΦΥΣΑΛΙΔΩΝ.....	50
7.7 ΜΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	52
7.8 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΦΥΣΑΛΙΔΩΝ ΤΟΥ BITCOIN.....	54
7.8.1 ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΓΕΘΟΣ ΦΟΥΣΚΑΣ.....	54
7.8.2 ΟΓΚΟΣ ΣΥΝΑΛΛΑΓΩΝ ΚΑΙ ΜΕΓΕΘΟΣ ΦΟΥΣΚΑΣ.....	54
7.9 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΓΙΑ ΤΟ BITCOIN ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΝΤΑΣ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ GSADF.....	55
7.9.1 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ GSADF.....	55
7.9.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	55
7.9.3 THRESHOLDS.....	56
7.9.4 SHARPE RATIO.....	56
7.9.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ.....	57
8. ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ.....	59
8.1 ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	59
8.2 ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	59
8.2.1 MULTILAYER PERCEPTRON (MLP).....	59
8.2.2 RECURRENT NEURAL NETWORKS (RNN).....	60
8.2.3 LONG SHORT TERM MEMORY (LSTM).....	60
8.3 ΣΧΕΤΙΚΗ ΈΡΕΥΝΑ	62
8.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	62
8.5 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΝΕΥΡΩΝΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ LSTM ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΟΥ BITCOIN.....	63
8.5.1 ΕΞΩΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	63
8.5.2 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	64
8.5.3 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	65
9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	69
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ.....	70

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2.1 Η ιστορία του χρήματος

Σύμφωνα με την παραδοσιακή αφήγηση, η ανταλλαγή επέτρεψε μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και εξειδίκευση δίνοντας στους ανθρώπους την ευκαιρία να εμπορεύονται αγαθά και υπηρεσίες απευθείας μεταξύ τους. Ωστόσο, η χρήση ενός μέσου ανταλλαγής, όπως το χρήμα, αύξησε περαιτέρω την αποτελεσματικότητα εξαλείφοντας την ανάγκη για μια ταύτιση επιθυμιών προκειμένου να ολοκληρωθεί μια συναλλαγή. Το χρήμα εμφανίστηκε ως ένας τρόπος διευκόλυνσης των συναλλαγών και μείωσης του κόστους συναλλαγών αναπτύσσοντας τον μηχανισμό της αγοράς, ο οποίος προηγουμένως στηριζόταν στον ανταλλαγή. Τον 17ο αιώνα, το εμπορευτικό χρήμα, όπως ο χρυσός (Kiyotaki & Wright, 1989), δινόταν συχνά σε χρυσοχόους για φύλαξη, οι οποίοι με τη σειρά τους εξέδιδαν αποδείξεις που μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως μέσο ανταλλαγής. Οι χρυσοχόοι ανακάλυψαν ότι ορισμένα από αυτά τα χαρτονομίσματα ήταν μόνιμα σε κυκλοφορία και ο χρυσός που αντιπροσώπευαν δεν αποσύρθηκε ποτέ. Ως αποτέλεσμα, μπορούσαν να δανείσουν με ασφάλεια τα αποθέματά τους σε χρυσό ή να εκδώσουν πρόσθετες αποδείξεις ως δάνεια, δημιουργώντας το ισοδύναμο της σύγχρονης τραπεζικής κλασματικών αποθεματικών. Το κόστος παραγωγής αυτών των αποδείξεων ήταν χαμηλότερο από το κόστος εξόρυξης χρυσού, επομένως η χρήση χαρτονομίσματος ήταν μια λογική οικονομική απόφαση που μείωσε το κόστος συναλλαγής. Οι κυβερνήσεις άρχισαν να εκδίδουν χρηματικά ποσά, είτε μέσω των ταμείων τους είτε μέσω των κεντρικών τραπεζών τους, και οι ιδιωτικές τράπεζες είχαν τη δυνατότητα να διατηρούν αυτά τα χρήματα ως αποθεματικά. Η κεντρική τράπεζα ελέγχει την προσφορά ιδιωτικών εκδοθέντων χαρτονομισμάτων και καταθέσεων όψεως ρυθμίζοντας την ποσότητα των αποθεματικών που διατηρούν οι τράπεζες.

Το χρήμα προσέφερε πολλά πλεονεκτήματα έναντι της ανταλλαγής, συμπεριλαμβανομένης της ευκολίας χρήσης και της δυνατότητας διευκόλυνσης του εμπορίου σε μεγαλύτερη κλίμακα. Είναι επίσης πιο σταθερό σε αξία σε σύγκριση με την ανταλλαγή, η οποία μπορεί να υπόκειται σε διακυμάνσεις με βάση τη διαθεσιμότητα και την επιθυμία συγκεκριμένων αγαθών ή υπηρεσιών. Προκειμένου να διατηρηθεί μια σταθερή αξία για τα χρήματα, οι κυβερνήσεις συχνά το υποστηρίζουν με έναν πολύτιμο πόρο, όπως ο χρυσός, για να του προσδώσουν μια εγγενή αξία. Τα χαρτονομίσματα είναι ένας τύπος νομίσματος που δεν υποστηρίζεται από ένα φυσικό αγαθό και βασίζεται στην εμπιστοσύνη και στο νομισματικό σύστημα για να διατηρήσει την αξία του (Davies, 2010). Ενώ το χρηματικό κεφάλαιο δεν υπόκειται σε διακυμάνσεις στην αξία ενός φυσικού περιουσιακού στοιχείου, μπορεί να είναι ευαίσθητο στον πληθωρισμό, ο οποίος μπορεί να οδηγήσει σε αστάθεια εάν δεν διαχειρίζεται σωστά. Για να αντιμετωπιστεί αυτό, οι κυβερνήσεις μπορούν να εφαρμόσουν πολιτικές όπως η στόχευση για τον πληθωρισμό, η οποία αφορά τη διατήρηση χαμηλών και σταθερών επιπέδων πληθωρισμού.

2.2 Χαρακτηριστικά του χρήματος

Ο Adam Smith και άλλοι νεοκλασικοί οικονομολόγοι υποστήριξαν ότι ο πρωταρχικός σκοπός του χρήματος είναι να χρησιμεύσει ως μέσο ανταλλαγής, επιτρέποντας το εμπόριο και εξαλείφοντας όποιες προηγούμενες δυσκολίες. Προκειμένου να διευκολυνθεί αποτελεσματικά το εμπόριο μεγάλης κλίμακας, ένα μέσο ανταλλαγής πρέπει να διαθέτει ορισμένα χαρακτηριστικά (Federal Reserve Bank of St. Louis, 2018). Θα πρέπει να είναι ανθεκτικό, να αντέχει στη φθορά και να μην αλλοιώνεται εύκολα. Θα πρέπει ακόμα να είναι φορητό, εύκολο στη μεταφορά και αποθήκευση, καθώς επίσης να μπορεί να χωρίζεται σε μικρότερες μονάδες και να είναι ευρέως αποδεκτό από ένα φάσμα εμπόρων και ατόμων. Τέλος, οφείλει να έχει περιορισμένη προσφορά, ώστε να διατηρήσει την αξία του και να αποτρέψει τον πληθωρισμό. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι σημαντικά για τη διασφάλιση ότι το χρήμα μπορεί να εξυπηρετήσει αποτελεσματικά τις λειτουργίες του.

2.3 Ο ρόλος της τεχνολογίας

Η τεχνολογία είχε σημαντικό αντίκτυπο στον τρόπο δημιουργίας, ανταλλαγής και αποθήκευσης χρημάτων στη σύγχρονη κοινωνία. Οι τεχνολογίες ηλεκτρονικών πληρωμών έχουν διευκολύνει τα άτομα και τις επιχειρήσεις να ανταλλάσσουν χρήματα και να κάνουν συναλλαγές. Αυτές οι τεχνολογίες περιλαμβάνουν πιστωτικές και χρεωστικές κάρτες, διαδικτυακά συστήματα πληρωμών όπως το PayPal και το Πορτοφόλι Google και εφαρμογές πληρωμών για κινητές συσκευές όπως το Venmo και το Cash App. Τέτοιου είδους τεχνολογίες επιτρέπουν τη γρήγορη και εύκολη ανταλλαγή χρημάτων χωρίς την ανάγκη φυσικού νομίσματος. Εκτός από τις τεχνολογίες ηλεκτρονικών πληρωμών, έχουν κάνει την εμφάνιση τους και τα εναλλακτικά νομίσματα, όπως το Bitcoin και άλλα ψηφιακά νομίσματα. Οι πιθανές επιπτώσεις αυτών των τεχνολογικών εξελίξεων για το μέλλον του χρήματος είναι σημαντικές. Θα μπορούσαν να διαταράξουν τα παραδοσιακά χρηματοπιστωτικά συστήματα και να αλλάξουν τον τρόπο δημιουργίας, ανταλλαγής και αποθήκευσης χρημάτων. Ωστόσο, μένει να δούμε πώς αυτές οι καινοτομίες θα ενταχθούν στη σύγχρονη οικονομία και εάν θα επιτύχουν ευρεία υιοθέτηση.

2.4 Κρυπτονομίσματα

2.4.1 Η εμφάνιση των κρυπτονομισμάτων

Η εμφάνιση των κρυπτονομισμάτων ξεκίνησε μετά την οικονομική κρίση του 2008, η οποία προκάλεσε μια συζήτηση σχετικά με τη συμβατική άποψη για το χρήμα και το καπιταλιστικό του σύστημα, ιδιαίτερα για τους ρόλους των τραπεζών και των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων. Το αποτέλεσμα ήταν ένας νέος τρόπος διεξαγωγής συναλλαγών, αμφισβητώντας την οικονομία της αγοράς. Η χρονική στιγμή της εμφάνισης του Bitcoin, με την κυκλοφορία του Whitepaper του από τον μυστηριώδη Satoshi Nakamoto το 2008 (Nakamoto, 2008), δεν ήταν σύμπτωση, αλλά μάλλον συνέπεια της οικονομικής κρίσης (Halaburda, 2016a). Τα θεωρητικά θεμέλια των κρυπτονομισμάτων βέβαια, είχαν σκιαγραφηθεί ήδη από τον Chaum για πρώτη φορά το 1983. Τα κρυπτονομίσματα ενσωματώνουν το ηλεκτρονικό εικονικό χρήμα με τις αρχές της κρυπτογραφίας (Chaum, 1983). Επιπλέον, η αξία τους δεν βασίζεται σε ένα υλικό περιουσιακό στοιχείο ή σε κάποια εταιρεία, αλλά αντίθετα εξαρτώνται από τη ζήτηση των χρηστών (Chung et al., 2019) αλλά κι από τα οφέλη των συναλλαγών (Beneki et al., 2019).

Την τελευταία δεκαετία υπήρξαμε μάρτυρες της ταχύτατης ανάπτυξης των αγορών κρυπτονομισμάτων. Ο αριθμός των ενεργών επενδυτών σε κρυπτονομίσματα έχει ξεπεράσει τα 500 εκατομμύρια και η παγκόσμια βιομηχανία κρυπτονομισμάτων αποτιμάται επί του παρόντος ανώτερο του ενός τρισεκατομμυρίου δολαρίου, που ισοδυναμεί με το ΑΕΠ χωρών όπως το Μεξικό ή η Ινδονησία. Μάλιστα, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 1, η συνολική κεφαλαιουχική αξία των κρυπτονομισμάτων άγγιξε τα τρία τρισεκατομμύρια στα μέσα του 2021. Αυτά τα στοιχεία καταδεικνύουν την αυξανόμενη σημασία τους στην κοινωνία (Triple A, 2021). Τα κρυπτονομίσματα και το Blockchain αλλάζουν τον τρόπο που βλέπουμε τον ψηφιακό κόσμο. Έχουν παγκόσμια απήχηση και επιτρέπουν την εύκολη μετακίνηση χρημάτων, καθιστώντας τα διαφορετικά από οποιαδήποτε άλλη αγορά. Ωστόσο, η πολύπλοκη φύση τους καθιστά δύσκολη την πλήρη κατανόηση και εφαρμογή παραδοσιακών οικονομικών μοντέλων σε αυτά. Αυτό έχει οδηγήσει σε αντικρουόμενες απόψεις από διάφορους οργανισμούς σχετικά με τον τρόπο προσέγγισης τους. Παρά το γεγονός ότι έχουν αρχικά σχεδιαστεί ως εναλλακτικά νομίσματα, θεωρούνται πλέον ως ένα επενδυτικό όχημα με σημαντικούς κινδύνους (Katsiampa, 2017). Για να αναλυθούν σωστά αγορές κρυπτονομισμάτων, ίσως χρειαστεί να επαναπροσδιορίσουμε τις βασικές έννοιες και να τροποποιήσουμε τα υπάρχοντα μοντέλα ώστε να ταιριάζουν με τα μοναδικά χαρακτηριστικά τους (Beigman et al., 2021).



Διάγραμμα 1: Η κεφαλαιοποίηση αγοράς των κρυπτονομισμάτων και ο ημερήσιος όγκος συναλλαγών την περίοδο 2014-2022. Πηγή: Coinmarketcap.com

2.4.2 Η οικονομική αντιμετώπιση του Bitcoin

Η ταξινόμηση του Bitcoin ως εναλλακτικού νομίσματος ή απλώς ενός ακόμη κερδοσκοπικού περιουσιακού στοιχείου είναι ακόμα αβέβαιη και υπό συζήτηση. Προκειμένου να θεωρηθεί χρήμα, το Bitcoin πρέπει να εκπληρώνει τους ρόλους μιας λογιστικής μονάδας (Dwyer, 2015), ενός μέσου πληρωμής και ενός αποθέματος αξίας. Ωστόσο, η κερδοσκοπική φύση του Bitcoin έχει οδηγήσει σε σημαντική αστάθεια των τιμών, η οποία επηρεάζεται από το κλίμα της αγοράς (Weber, 2016). Μερικοί οικονομολόγοι υποστηρίζουν ότι το Bitcoin δεν μπορεί να θεωρηθεί χρήμα επειδή δεν υποστηρίζεται από μια κυβέρνηση με φορολογικές δαπάνες (Van Alstyne, 2014). Έχει περιορισμένη προσφορά 21 εκατομμυρίων μονάδων, γεγονός που το καθιστά σπάνιο και του δίνει αξία, οδηγώντας μια μερίδα ανθρώπων να το συγκρίνουν με το χρυσό. Αντίθετα, τα παραδοσιακά νομίσματα μπορούν να τυπωθούν από τις κυβερνήσεις κατά βούληση, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε πληθωρισμό και υποτίμηση. Το Bitcoin αντιπροσωπεύει μια αξίωση έναντι του εκδότη και όχι μια μορφή χρημάτων. Επιπλέον, μπορεί να θεωρηθεί νόμιμο χρήμα όσον αφορά το επιβλητό χρέος και των φορολογικών υποχρεώσεων για τους πολίτες (Dequech, 2013). Στις Ηνωμένες Πολιτείες, το IRS αντιμετωπίζει το Bitcoin ως ιδιοκτησία και ως εκ τούτου φορολογητέο. Άλλες αρχές, όπως το γερμανικό υπουργείο Οικονομικών, αναγνωρίζουν κατηγορηματικά το Bitcoin ως λογιστική μονάδα για φορολογικούς και εμπορικούς σκοπούς (Van Alstyne, 2014).

3. BLOCKCHAIN

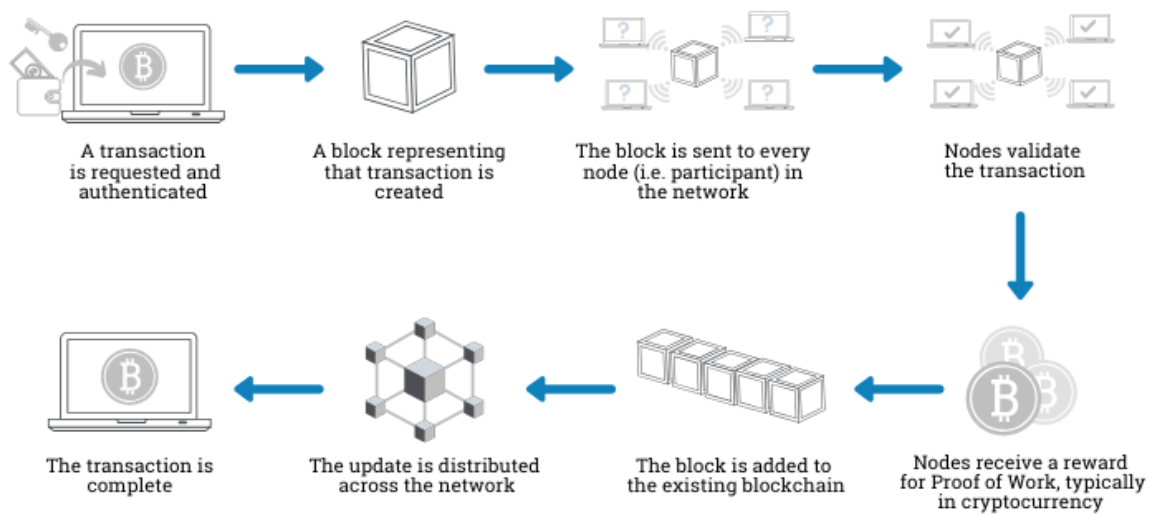
3.1 Η γέννηση του Blockchain

Το 2014, ντοκιμαντέρ για το Bitcoin εμφανίστηκαν για πρώτη φορά και το 2015 πραγματοποιήθηκαν τα πρώτα συνέδρια με θέμα το Blockchain. Το επόμενο έτος, βιβλία για το Blockchain δημοσιεύτηκαν και, ως εκ τούτου, η δημοτικότητα γύρω από αυτό αυξήθηκε μαζί με την τιμή του Bitcoin (Bheemaiah, 2017). Η τεχνολογία Blockchain είναι ένα θέμα αυξανόμενου ενδιαφέροντος τα τελευταία χρόνια, λόγω των δυνατοτήτων της να φέρει επανάσταση σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών. Πρόκειται για ένα ψηφιακό “λογιστικό” βιβλίο που χρησιμοποιείται για την καταχώριση πληροφοριών και συναλλαγών σε ένα δίκτυο υπολογιστών. Αυτό επιτρέπει αυξημένη ασφάλεια, διαφάνεια και αμετάβλητη παρουσία των δεδομένων. Σε αυτή την ενότητα, θα διερευνήσουμε την έννοια του Blockchain και τις διάφορες εφαρμογές του, καθώς και τα πιθανά οφέλη και προκλήσεις της υιοθέτησής του. Θα εξετάσουμε επίσης τις τρέχουσες και πιθανές μελλοντικές εξελίξεις στον τομέα της τεχνολογίας Blockchain.

Η κρυπτογραφία, πάνω στην οποία βρίσκονται τα θεμέλια των κρυπτονομισμάτων αλλά και της τεχνολογίας αλυσίδας συστοιχιών, αφορά μια επιστήμη που ασχολείται με την δημιουργία ενός ασφαλούς δικτύου επικοινωνίας και την επαλήθευση των συναλλαγών. Στόχος της είναι να διασφαλίζεται η εξακρίβωση και η πιστοποίηση της ροής δεδομένων σε πηγή και αποδέκτη, ενώ κατοχυρώνει πως δεν θα αλλοιωθεί το περιεχόμενο του μηνύματος από εξωτερικούς παράγοντες. Παράλληλα, μέσω αυτού του πεδίου, κατασκευάζονται πρωτόκολλα τα οποία χρησιμοποιούνται για την λειτουργικότερη αξιοπιστία του συστήματος συναλλαγών.

Η πρώτη χρήση της τεχνολογίας Blockchain ήταν για τη δημιουργία του ψηφιακού νομίσματος, του Bitcoin. Το Blockchain, αποκάλυψε μια υποδομή όπου ένα ασφαλές δημόσιο λογιστικό βιβλίο περιέχει πληροφορίες και δεδομένα χωρίς, θεωρητικά, την ανάγκη για οποιαδήποτε κεντρική αρχή ή μεσάζοντα (Crosby et al. 2016). Αυτό σημαίνει ότι το δίκτυο δεν ελέγχεται από καμία μεμονωμένη οντότητα, καθιστώντας το ανθεκτικό σε παραβιάσεις και λογοκρισία. Επιπλέον, η χρήση κρυπτογραφικών τεχνικών επιτρέπει την ασφαλή αποθήκευση δεδομένων (Treleaven et al. 2017). Πιο αναλυτικά, επρόκειτο περί μίας αλυσίδας συστοιχιών ενός κρυπτογραφημένου μηχανισμού καταγραφής συναλλαγών, αποτελούμενο από μπλοκ, τα οποία αποτυπώνουν διαδοχικά οποιαδήποτε συναλλακτική κίνηση γίνεται στο δίκτυο με χρονολογική σειρά (Stampernas 2018). Πως όμως πραγματοποιείται μια συναλλαγή σε ένα δίκτυο Blockchain;

Αρχικά πιστοποιείται η αυθεντικότητα της συναλλαγής, αντιστοιχείται στο μπλοκ που την αντιπροσωπεύει και αποστέλλεται σε κάθε κόμβο. Ένας miner λαμβάνει μέρος περίπου κάθε δέκα λεπτά σε έναν παγκόσμιο μαθηματικό αγώνα όπου απαιτούνται τετράκις εκατομμύρια hashing operations το δευτερόλεπτο από ολόκληρο το δίκτυο (Selgin 2015). Ο αλγόριθμος απόδειξης εργασίας του Bitcoin (proof of work), μέχρι να βρεθεί η προκαθορισμένη λύση του προβλήματος, περιλαμβάνει το συνεχή κατακερματισμό της επικεφαλίδας του μπλοκ (hashing) και έναν τυχαίο αριθμό με τον κρυπτογραφικό αλγόριθμο SHA-256. Ο πρώτος miner που θα βρει τη λύση αυτή κερδίζει το γύρο, ανταμείβεται με ένα βραβείο, συνήθως σε Bitcoin, και το μπλοκ δημοσιεύεται στο Blockchain. Έστερα, ένα αντίγραφο αποστέλλεται σε όλα τα μέλη του δικτύου κι έτσι διενεργούνται ασφαλείας συναλλαγές με κρυπτογραφικό χαρακτήρα.



Εικόνα 1 : Πως πραγματοποιείται μια συναλλαγή στο blockchain του bitcoin. Πηγή : (Euromoney Learning, n.d.)

3.2 Χρήσεις και εφαρμογές του Blockchain

Το Blockchain είχε αρχικά σχεδιαστεί ως ένας μηχανισμός για την ενεργοποίηση ενός αξιόπιστου κρυπτονομίσματος, του Bitcoin. Έκτοτε έχει αποδεσμευτεί από τον αρχικό του σκοπό καθώς ολοένα αυξανόμενος αριθμός βιομηχανιών και ενδιαφερόμενων βρίσκουν την τεχνολογία αυτή ως μια ελκυστική εναλλακτική λύση για την επίλυση υφιστάμενων επιχειρηματικών προβλημάτων, ικανή να διαταράξει παγκόσμιες βιομηχανίες (Abou Jaoude and Saade 2019). Η κρυπτογράφηση και η κωδικοποίηση των δεδομένων βελτιώνουν τη διαφάνεια, την αποτελεσματικότητα και την εμπιστοσύνη στην ανταλλαγή πληροφοριών. Πολλοί ερευνητές και επαγγελματίες το έχουν συνειδητοποιήσει και υποστηρίζουν ότι η τεχνολογία αυτή έχει ανατρεπτικές ικανότητες πέρα από τα κρυπτονομίσματα (Sedlmeir et al. 2020). Παρά ορισμένες προκλήσεις, οι πιθανές χρήσεις και εφαρμογές της τεχνολογίας Blockchain είναι αμέτρητες και συνεχίζουν να διερευνώνται και να αναπτύσσονται. Είναι σχεδόν βέβαιο ότι η τεχνολογία θα συνεχίσει να παίζει σημαντικό ρόλο σε πολλές βιομηχανίες στο μέλλον.

- Η βασικότερη χρήση της τεχνολογίας Blockchain είναι στον χρηματοπιστωτικό κλάδο. Επιτρέπει τη δημιουργία ψηφιακών νομισμάτων, όπως το Bitcoin, το οποίο δίνει τη δυνατότητα στους ανθρώπους να πραγματοποιούν οικονομικές συναλλαγές απευθείας μεταξύ τους χωρίς να χρειάζονται μεσάζοντες, όπως οι τράπεζες.

- Το Blockchain ανοίγει μια νέα πόρτα στην παρακολούθηση των αγαθών και των υλικών καθώς κινούνται στην αλυσίδα εφοδιασμού, παρέχοντας αυξημένη διαφάνεια και υπευθυνότητα, οδηγώντας στη μείωση του κινδύνου απάτης και λαθών, καθώς και στη βελτίωση της βιωσιμότητας. Έχει υποστηριχθεί ότι προσφέρει λύσεις στις πολλές προκλήσεις που δημιουργούνται από σύνθετα δίκτυα εφοδιασμού σε μια εποχή που η ευελιξία, η ταχύτητα και η διαφάνεια είναι ζωτικής σημασίας (Cole et al. 2019).

- Χρησιμοποιώντας ένα σύστημα που βασίζεται σε Blockchain, οι ψήφοι μπορούν να καταγραφούν και να επαληθευτούν με ασφαλή και διαφανή τρόπο, συμβάλλοντας στην αύξηση της εμπιστοσύνης στην εκλογική διαδικασία και στη μείωση του κινδύνου παραποίησης ή νοθείας (Osgood 2016).

- Ο κλάδος της υγειονομικής περίθαλψης θα μπορούσε να χρησιμοποιεί την τεχνολογία αυτή για την παρακολούθηση ασθενών μετά την έξοδό τους από το νοσοκομείο. Τα ηλεκτρονικά ιατρικά αρχεία που αποθηκεύονται σε ένα Blockchain μπορούν επίσης να ενισχύσουν την προσπάθεια για

βελτίωση της ταυτοποίησης, της εμπιστευτικότητας και της κοινής χρήσης δεδομένων (Armstrong 2018).

- Στον κλάδο του λιανικού εμπορίου, το Blockchain χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη των διαδικασιών παρακολούθησης και ανίχνευσης, όπως και σύνθετων προγραμμάτων αφοσίωσης (Chakrabarti and Chaudhuri 2017). Δεδομένου ότι κάθε μία από τις συναλλαγές στο Blockchain επικυρώνεται και καταγράφεται με χρονική σήμανση, οι χρήστες μπορούν εύκολα να επαληθεύσουν και να ανιχνεύσουν τις προηγούμενες εγγραφές μέσω της πρόσβασης σε οποιονδήποτε κόμβο στο κατακευματισμένο δίκτυο, βελτιώνοντας την ιχνηλασιμότητα των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα.

3.3 Προκλήσεις και περιορισμοί

Το Blockchain πλέον επαινείται ως μια τεχνολογική καινοτομία που επιτρέπει την επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο η κοινωνία συναλλάσσεται και αλληλεπιδρά (Wüst and Gervais 2018). Ωστόσο, λόγω της έλλειψης καθιερωμένων πρακτικών και του σκεπτικισμού σχετικά με τα οφέλη αυτής της τεχνολογίας, οι εταιρείες είναι ιδιαίτερα προσεκτικές σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις του Blockchain σε άλλες πτυχές των λειτουργιών τους (Yli-Huumo et al. 2016). Οι τρέχοντες μηχανισμοί εκκαθάρισης πληρωμών βασίζονται σε κεντρικά λογιστικά βιβλία για την καταγραφή των συναλλαγών και τη διατήρηση των λογαριασμών. Η συναλλαγή διαβιβάζεται στον μεσάζοντα, ο οποίος ελέγχει την εγκυρότητά της και προσαρμόζει ανάλογα τους λογαριασμούς. Σε ένα Blockchain, η συναλλαγή μεταδίδεται σε όλους τους κόμβους του δικτύου, απαιτώντας περισσότερη επεξεργαστική ισχύ και χρόνο. Η συναλλαγή γίνεται επίσης μέρος του Blockchain, που αντιγράφεται σε κάθε υπολογιστή - μέλος. Αυτό είναι πιο αργό και ακριβότερο από την κεντρική εκκαθάριση και εξηγεί γιατί η Visa και η Mastercard μπορούν να εκκαθαρίσουν 2.000 συναλλαγές ανά δευτερόλεπτο ενώ το Bitcoin μπορεί μόνο επτά (Ammous 2016).

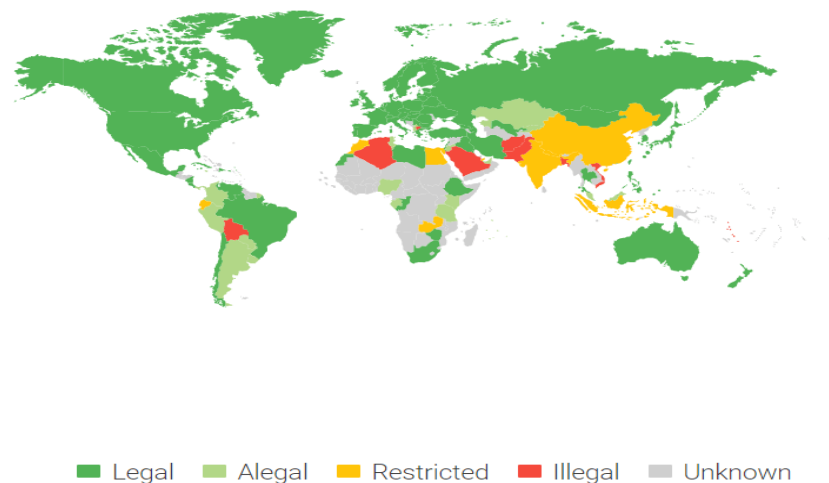
Η επεκτασιμότητα είναι ένας κύριος περιορισμός των κατακευματισμένων δικτύων. Η εκθετική ανάπτυξη των μελών του δικτύου, δύναται να επιβαρύνει πολύ τα μέλη του όσον αφορά την αποθήκευση και την υπολογιστική ισχύ. Ως αποτέλεσμα, η τεχνολογία μπορεί να αντιμετωπίσει προκλήσεις με σημαντική κλιμάκωση καθώς το δίκτυο θα μεγαλώνει σε μέγεθος, κάτι που μπορεί να εμποδίσει την ευρεία υιοθέτηση της τεχνολογίας, καθώς οι χρήστες μπορεί να μην είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν πιθανές υψηλές χρεώσεις για συναλλαγές.

Η εξέταση των κοινωνικών και πολιτικών επιπτώσεων του Blockchain πρέπει να περιλαμβάνει τη ρύπανση και την εξάντληση των πόρων που μπορούν να προκαλέσουν. Το μεγαλύτερο μέρος της εξόρυξης Bitcoin λαμβάνει χώρα στις Ηνωμένες Πολιτείες, την Κίνα και το Καζακστάν και η ενεργειακή τους κατανάλωση (συχνά από ορυκτά καύσιμα) είναι ισοδύναμη με εκείνη μιας χώρας 45 εκατομμυρίων κατοίκων, όπως η Αργεντινή. Νεότερες, πιο φιλικές προς το περιβάλλον Blockchain που χρησιμοποιούν διαφορετικά πρωτόκολλα έχουν εμφανιστεί τα τελευταία χρόνια, αλλά οι περιβαλλοντικές ανησυχίες παραμένουν σημαντικές. Είναι σημαντικό παρόλα αυτά να σημειωθεί ότι η υψηλή κατανάλωση ενέργειας δεν είναι ούτε απόρροια αναποτελεσματικών αλγόριθμων ούτε απαραίτητου υλικού. Εντυπωσιακά, είναι αυτή τους η υψηλή κατανάλωση ενέργειας που προστατεύει από επιθέσεις. Ανάλογα με το κάθε σενάριο, ένας εισβολέας πρέπει να ξοδέψει τουλάχιστον το 25% έως 50% της συνολικής υπολογιστικής ισχύος που οι υπόλοιποι miners χρησιμοποιούν για εξόρυξη, επομένως, το ίδιο ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, για να μπορέσει με επιτυχία να ελέγξει το σύστημα (Eyal and Sirer 2014).

Τα διαφορετικά δίκτυα Blockchain δεν είναι συμβατά μεταξύ τους, γεγονός που μπορεί να εμποδίσει την ενσωμάτωση και την υιοθέτηση της τεχνολογίας. Υπάρχουν επί του παρόντος πάνω από 6500 ενεργά έργα Blockchain στο GitHub που χρησιμοποιούν μια σειρά από πλατφόρμες, γλώσσες προγραμματισμού, μηχανισμούς συναίνεσης, πρωτόκολλα και λειτουργίες απορρήτου

(Monrat et al. 2019). Προκειμένου οι επιχειρήσεις να συνεργαστούν στην ανάπτυξη εφαρμογών και να μοιραστούν λύσεις που βασίζονται σε Blockchain, καθώς και να ενσωματωθούν με τα υπάρχοντα συστήματα, είναι απαραίτητη η τυποποίηση. Αυτό το ζήτημα αντιμετωπίζεται επί του παρόντος με την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, όπως τα πρωτόκολλα διαλειτουργικότητας Blockchain.

Τέλος, οι κυβερνήσεις και οι βιομηχανίες εξακολουθούν να παλεύουν με τις επιπτώσεις των αποκεντρωμένων συστημάτων καθώς υπάρχει έλλειψη κανόνων που διέπουν τη χρήση της τεχνολογίας (Kakavand et al. 2017). Ο Kshetri σε μια μελέτη του το 2019 εστιάζει στις ρυθμιστικές προκλήσεις της υιοθέτησης Blockchain στον χρηματοπιστωτικό κλάδο, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για ένα σαφές και συνεπές ρυθμιστικό πλαίσιο για τη διασφάλιση της σταθερότητας και της ακεραιότητας των χρηματοπιστωτικών αγορών (Kshetri 2019). Ακόμα δεν υπάρχουν σε μεγάλο βαθμό κανονισμοί για το Blockchain που αφορούν την προστασία των καταναλωτών, την πρόληψη παράνομων δραστηριοτήτων και την ενθάρρυνση της υπεύθυνης υιοθέτησης της τεχνολογίας. Ωστόσο, αυτοί οι κανονισμοί έχουν αρχίσει να θεωρούνται απαραίτητοι λόγω της αποκεντρωμένης και ανώνυμης φύσης του Blockchain, που μπορεί να εγείρει ανησυχίες για την προστασία των καταναλωτών και την οικονομική σταθερότητα, καθώς και την πιθανότητα κακής χρήσης της τεχνολογίας. Παρόλα αυτά, ορισμένες χώρες έχουν λάβει μέτρα για να περιορίσουν ή να ρυθμίσουν τη χρήση τους. Η Κίνα έχει απαγορεύσει σε χρηματοπιστωτικά ιδρύματα και εταιρείες πληρωμών να χρησιμοποιούν Bitcoin για συναλλαγές και απαγόρευσε τις αρχικές προσφορές νομισμάτων. Οι Ηνωμένες Πολιτείες έχουν εκδώσει οδηγίες σχετικά με τη φορολογική μεταχείριση του Bitcoin και έχουν λάβει μέτρα κατά των ICO που παραβιάζουν τη νομοθεσία περί τίτλων. Η προσέγγιση για τα κρυπτονομίσματα ποικίλλει ανά χώρα και είναι πιθανό να συνεχίσει να εξελίσσεται καθώς αναπτύσσεται η τεχνολογία. Ενδεικτικά, η εικόνα 2 δείχνει την παγκόσμια νομιμότητα του Bitcoin στά μέσα του 2022.



Εικόνα 2 : Η παγκόσμια νομιμότητα του Bitcoin το 2022 (Cryptonews, 2019) .

4. DeFi

4.1 Θεωρίες αποκέντρωσης

Οι θεωρίες αποκέντρωσης συνήθως υποστηρίζουν ότι η μεταφορά εξουσίας και πόρων σε χαμηλότερα επίπεδα διακυβέρνησης μπορεί να αποφέρει οικονομικά οφέλη. Σύμφωνα με το θεώρημα δημοσιονομικής αποκέντρωσης του Oates, η αποκέντρωση βελτιώνει την αποτελεσματικότητα της κατανομής (Wright, 1974). Οι αποκεντρωμένες κυβερνήσεις πιστεύεται ότι ανταποκρίνονται περισσότερο στις διαφορετικές ανάγκες και προτιμήσεις των πληθυσμών τους (Klugman, 1994). Οι τοπικοί φορείς λήψης αποφάσεων μπορεί επίσης να έχουν ισχυρότερο κίνητρο για να είναι αποτελεσματικοί και καινοτόμοι στην παροχή δημόσιων αγαθών και υπηρεσιών, επειδή εάν δεν το κάνουν, οι ψηφοφόροι τους μπορεί να μετακινηθούν σε άλλες περιοχές (Donahue, 1997). Ο ανταγωνισμός μεταξύ υποεθνικών φορέων μπορεί επίσης να ενθαρρύνει την παραγωγική αποτελεσματικότητα ενθαρρύνοντας τις περιφέρειες να εξειδικεύονται στους τομείς συγκριτικού πλεονεκτήματος τους (Rodríguez-Pose & Bwire, 2004). Τέλος, η αποκέντρωση μπορεί να βελτιώσει τη λογοδοσία και τη διαφάνεια, να αυξήσει τη συμμετοχή και να μειώσει τη διαφθορά. Αυτοί οι παράγοντες αναμένεται να οδηγήσουν σε βελτιωμένες οικονομικές επιδόσεις.

4.2 Η πολύπλοκη έννοια του DeFi

Οι νέες τεχνολογίες αλλάζουν συνεχώς τη φύση της επιχειρηματικής χρηματοοικονομικής δραστηριότητας. Η τάση πάει προς ένα μειούμενο βαθμό διαμεσολάβησης (Momtaz, 2022). Η αποκεντρωμένη χρηματοοικονομική, ή «DeFi» (Decentralized Finance) όπως είναι γνωστή, είναι ένα νέο κύμα στο χώρο των εναλλακτικών νομισμάτων που ξεκίνησε να ανθίζει το 2020. Πρόκειται για έναν καινούριο όρο ο οποίος δεν είναι παγκοσμίως κατανοητός με τον ίδιο τρόπο. Μία από τις ισχυρότερες καινοτομίες του Blockchain όπως αναφέρθηκε, είναι η μεταφορά και το εμπόριο χρηματοοικονομικών περιουσιακών στοιχείων χωρίς αξιόπιστους μεσάζοντες (Wüst et al, 2018). Ορισμένοι θεωρούν το DeFi ως μια διασπαστική δύναμη που θα μπορούσε να αντικαταστήσει τις τράπεζες και άλλα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, ενώ άλλοι το βλέπουν ως μια εξειδικευμένη τεχνολογία που υποστηρίζεται από μια μικρή ομάδα ιδεαλιστών.

4.3 Έξυπνα συμβόλαια

Το Bitcoin ήταν το πρώτο αποκεντρωμένο ψηφιακό νόμισμα που δημιουργήθηκε και άνοιξε το δρόμο για την ανάπτυξη άλλων αποκεντρωμένων τεχνολογιών. Στον πυρήνα του, φέρει ιδιότητες που διαφημίζονται ως πλώνες αποκέντρωσης. Το DeFi, ωστόσο, επεκτείνει αυτές τις ιδιότητες, προσθέτοντας επιπλέον δυνατότητες (Cointelegraph, n.d.). Ενεργοποιημένο από έξυπνα συμβόλαια, το DeFi εμφανίστηκε στη σκηνή το 2018. Η έννοια των έξυπνων συμβολαίων εμφανίστηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1990 από τον Nick Szabo (Jani, 2020). Αφορούν αυτοεκτελούμενα συμβόλαια με τους όρους της συμφωνίας μεταξύ αγοραστή και πωλητή να οριστικοποιούνται μέσω κώδικα, η συγγραφή του οποίου πραγματοποιείται με την χρησιμοποίηση ειδικών γλωσσών προγραμματισμού, ενώ η εφαρμογή του γίνεται σε εικονικές μηχανές που φιλοξενούνται στους υπολογιστές των miners (Σαχινίδης, 2021). Χρησιμοποιούνται για την αυτοματοποίηση και την επιβολή των όρων μιας σύμβασης στο Blockchain (Popescu, 2020). Σε ένα έξυπνο συμβόλαιο, οι ρήτρες των συμβολαίων γραμμένες σε προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών θα εκτελούνται χωρίς ανθρώπινη επέμβαση παρά μόνο όταν πληρούνται προκαθορισμένες συνθήκες. Μέχρι σήμερα όλες οι συμβάσεις έπρεπε να ολοκληρώνονται από έμπιστο τρίτο μέρος με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλος χρόνος εκτέλεσης και επιπλέον κόστος. Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας Blockchain με τα έξυπνα συμβόλαια δίνουν το χαρακτήρα μιας αγοράς P2P και δίνει ελπίδες για την εξέλιξη του τομέα.

4.4 Η εξέλιξη του DeFi

Το DeFi αφορά τη δημιουργία ενός εναλλακτικού χρηματοπιστωτικού συστήματος, όπου ο καθένας, οπουδήποτε, μπορεί να έχει πρόσβαση σε χρηματοοικονομικές υπηρεσίες (Gudgeon et al., 2020). Ενώ η πρώτη παραγωγή τεχνολογίας blockchain (Blockchain 1.0) χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για κρυπτονομίσματα, η δεύτερη γενιά (Blockchain 2.0), όπως αντιπροσωπεύεται από το Ethereum, είναι μια ανοιχτή και αποκεντρωμένη πλατφόρμα επιτρέποντας ένα νέο πρότυπο υπολογιστών (Chen et al., 2020). Το Ethereum, από την άποψη της επιστήμης των υπολογιστών, είναι μια αιτιοκρατική μηχανή που είναι πρακτικά απεριόριστη. Με την πάροδο του χρόνου, καθώς περισσότεροι άνθρωποι άρχισαν να ενδιαφέρονται για το Ethereum και άλλα κρυπτονομίσματα, ένας αυξανόμενος αριθμός προγραμματιστών άρχισε να εργάζεται για τη δημιουργία αποκεντρωμένων εφαρμογών ή «dApps», που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν πάνω στην τεχνολογία Blockchain. Αυτό οδήγησε στη δημιουργία ενός ζωντανού οικοσυστήματος έργων DeFi, με νέες εφαρμογές και υπηρεσίες να αναπτύσσονται συνεχώς. Αυτές οι dApps έδωσαν τη δυνατότητα στους ανθρώπους να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία Blockchain για να δημιουργήσουν νέα χρηματοοικονομικά μέσα και αγορές που προηγουμένως ήταν αδύνατες.

Η γέννηση του DeFi αντιπροσωπεύει μια σημαντική εξέλιξη στον κόσμο των οικονομικών. Αξιοποιώντας τη δύναμη της τεχνολογίας αυτής, έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει ένα πιο περιεκτικό και διαφανές χρηματοπιστωτικό σύστημα που είναι προσβάσιμο σε όλους. Τα τελευταία χρόνια, γίνεται όλο και πιο mainstream, με έναν αυξανόμενο αριθμό χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων και επενδυτών να εκδηλώνουν ενδιαφέρον, κάτι το οποίο οδήγησε στη δημιουργία νέων προϊόντων και υπηρεσιών DeFi, καθώς και σε αυξημένο ρυθμιστικό έλεγχο. Ένα όραμα που ξεκίνησε ως μια χούφτα από μικρά projects έχει δώσει τη θέση του σε ένα κύμα πειραματισμού και καινοτομίας στο χώρο, συμπεριλαμβανομένων των προσφορών του στις αποκεντρωμένες εκδόσεις βασικών χρηματοοικονομικών προϊόντων (Kitzler et al., 2021). Το Ethereum πλέον αποτελεί την τυπική πλατφόρμα για dApps. Αυτή τη στιγμή, η αγοραία αξία του Ethereum ξεπερνά τα 156 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ με εκατομμύρια έξυπνα συμβόλαια να εκτελούνται πάνω από το Blockchain του κι εκατομμύρια συναλλαγές να πραγματοποιούνται καθημερινά. Ενώ υπάρχουν ακόμη πολλές προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν, το μέλλον του DeFi φαίνεται λαμπρό και είναι πιθανό να συνεχίσει να αναπτύσσεται και να εξελίσσεται τα επόμενα χρόνια.



Εικόνα 3: Οι συναλλαγές που πραγματοποιούνται στο δίκτυο του Ethereum καθημερινά το 2015 και το 2021. Δημιουργήθηκε μέσω Apache OpenOffice.

4.5 DeFi vs CeFi

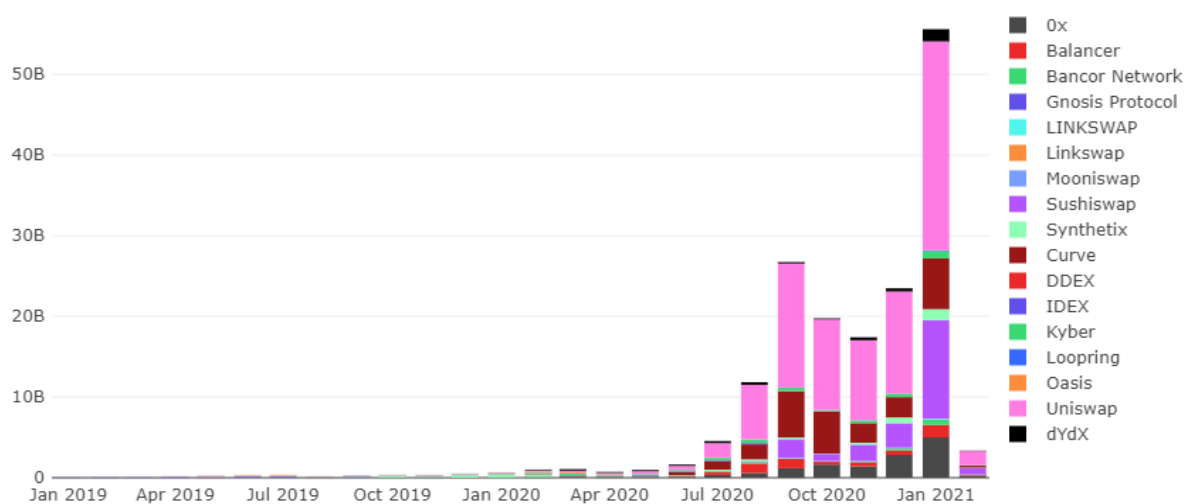
Για όσους δεν είναι εξοικειωμένοι με τον χρηματοοικονομικό κόσμο, το παραδοσιακό σύστημα κεντρικής χρηματοοικονομικής (CeFi) μπορεί να φαίνεται περίπλοκο και δύσκολο να κατανοηθεί, επειδή οι χρήστες του συχνά δεν γνωρίζουν τους κανόνες ή τις συμφωνίες που διέπουν τα χρηματοοικονομικά περιουσιακά στοιχεία και τα προϊόντα. Από την άλλη πλευρά, το DeFi είναι ένα νέο οικοσύστημα που υπόσχεται διαφάνεια και έλεγχο. Ωστόσο, δεν είναι πάντα εύκολο να διακρίνει κανείς τις διαφορές μεταξύ τους (Qin et al., 2021).

- Η αποκεντρωμένη χρηματοοικονομική, προσφέρει μεγαλύτερη διαφάνεια και λογοδοσία σε σύγκριση με τα παραδοσιακά χρηματοπιστωτικά συστήματα μέσω της τεχνολογίας αλυσίδας συστοιχιών, η οποία επιτρέπει σε οποιονδήποτε να δει τι και πότε ακριβώς συμβαίνει στο δίκτυο. Επομένως, τα πάντα είναι δημόσια παρατηρήσιμα και ακόμα κι οι κωδικοί των έξυπνων συμβολαίων μπορούν να αναλυθούν στο Blockchain (Schär et al., 2021).
- Ένα αποκεντρωμένο χρηματοοικονομικό σύστημα θεωρείται ότι είναι φθηνότερο επειδή τα πάντα είναι χτισμένα στο Blockchain, δεν υπάρχουν χρεώσεις για τραπεζικές ή διαμεσολαβητικές υπηρεσίες κι όλα καθοδηγούνται από ένα σύστημα P2P (Salami, 2020).
- Καθώς οι εφαρμογές DeFi μπορούν να έχουν πρόσβαση σε οποιονδήποτε έχει σύνδεση στο διαδίκτυο, μπορούν να παρέχουν χρηματοοικονομικές υπηρεσίες σε άτομα σε αναπτυσσόμενες χώρες ή σε άλλες περιοχές που δεν εξυπηρετούνται από το παραδοσιακό χρηματοπιστωτικό σύστημα.
- Οι βασικές τεχνολογίες ανοιχτής προέλευσης επιτρέπουν σε οποιονδήποτε να τις χρησιμοποιήσει και να τις αναπτύξει, οδηγώντας σε καινοτομία τόσο στις τεχνολογίες όσο και στις εφαρμογές που έχουν κατασκευαστεί πάνω τους. Αυτό διαφέρει από τα κεντρικά χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, τα οποία συνήθως δεν χρησιμοποιούν τις βασικές τεχνολογίες τους ανοιχτού κώδικα. Κάτι τέτοιο μπορεί να οφείλεται στην πολυπλοκότητα του ιδιόκτητου λογισμικού που χρησιμοποιείται από αυτά τα ιδρύματα και ίσως χρειάζεται μια αλλαγή νοοτροπίας.
- Ορισμένοι κίνδυνοι που σχετίζονται με συναλλαγές που αφορούν μεγάλα χρηματικά ποσά, τους οποίους τα κεντρικά ιδρύματα έχουν εμπειρία στον μετριασμό, συνήθως αγνοούνται από ορισμένες βιβλιογραφίες που τάσσονται υπέρ του DeFi (Meegan, 2020). Οι Brown και Oates υποστηρίζουν ότι τα πλήρως αποκεντρωμένα συστήματα μπορεί να μην είναι τα βέλτιστα και μπορεί να απαιτούν κεντρική συμμετοχή σε ορισμένες περιπτώσεις (Brown and Oates, 1987). Είναι αφελές λοιπόν να υποθέσουμε ότι η τεχνολογία μπορεί να αντικαταστήσει πλήρως τους θεσμούς, αφού ορισμένα καθήκοντα, όπως η ερμηνεία του πνεύματος του νόμου, απαιτούν ανθρώπινη κρίση και δεν μπορούν να αποτυπωθούν πλήρως μόνο με κώδικα. Το DeFi μπορεί να μάθει από την εμπειρία των κεντρικών ιδρυμάτων σε αυτούς τους τομείς. Προκειμένου τα εταιρικά ιδρύματα να εξετάσουν το ενδεχόμενο χρήσης του, χρειάζεται περισσότερη έρευνα σχετικά με τους πιθανούς κινδύνους. Ενώ έχουν ληφθεί ορισμένα αρχικά βήματα για τον εντοπισμό των κινδύνων στο DeFi, δεν είναι ακόμη σαφές ποιοι είναι αυτοί οι κίνδυνοι (Meegan, 2020).
- Η έλλειψη συνόρων που προσφέρει η αποκεντρωμένη χρηματοοικονομική μπορεί να προκαλέσει διάφορα προβλήματα, όπως η δυσκολία των χρηστών να έχουν πρόσβαση σε τεχνική υποστήριξη και βοήθεια σε περίπτωση προβλημάτων με τις συναλλαγές τους. Η έλλειψη ενός κεντρικού συστήματος υποστήριξης μπορεί να φανεί απογοητευτική για τους χρήστες και να αποθαρρύνει ορισμένους από τη χρήση των υπηρεσιών DeFi. Επιπλέον, επειδή οι συναλλαγές δεν υπόκεινται στους ίδιους κανόνες και κανονισμούς με τα παραδοσιακά χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, μπορεί να είναι πιο δύσκολο για τους χρήστες να αναζητήσουν προσφυγή εάν πέσουν θύμα απάτης ή άλλης παράνομης δραστηριότητας. Ακόμα, οι χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες μπορεί να μην μπορούν να συμμορφώνονται με τον κανονισμό AML και KYC. Ο Ποπέσκου υποστηρίζει μάλιστα ότι η AML και το KYC είναι έννοιες που «δεν ταιριάζουν πραγματικά στο οικοσύστημα DeFi» (InterConsult Bulgaria Ltd. & Popescu, n.d.).

4.6 Τεχνολογίες DeFi

4.6.1 Τα αποκεντρωμένα χρηματιστήρια

Τα αποκεντρωμένα χρηματιστήρια η DEX είναι η βασικότερη εφαρμογή του DeFi. Τα DEX είναι διαδικτυακές πλατφόρμες που επιτρέπουν στους χρήστες να αγοράζουν και να πωλούν ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία με αποκεντρωμένο τρόπο (Angeris et al. 2020). Τα DEX έχουν κάνει πολύ δρόμο όσον αφορά τη ρευστότητα και τη συσσώρευση μιας τακτικής βάσης χρηστών, η οποία συνεχίζει να αυξάνεται. Καθώς γίνονται πιο επεκτάσιμα, δηλαδή πιο γρήγορα και πιο αποτελεσματικά, οι όγκοι συναλλαγών τους αναμένεται να αυξηθούν ακόμη περισσότερο.



Διάγραμμα 2 : Μηνιαίος όγκος συναλλαγών σε DEX's την περίοδο 2019-2021. Πηγή : Forex Academy, Dune Analytics.

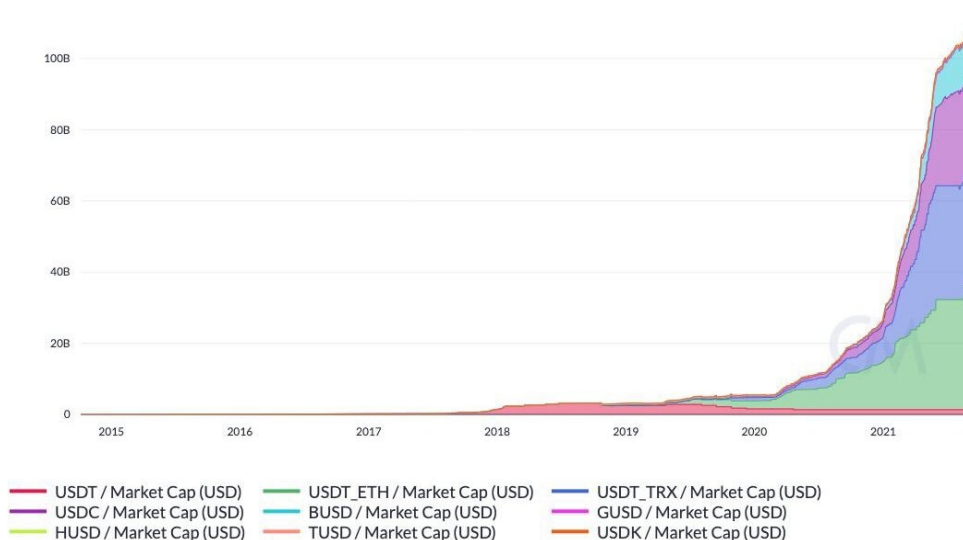
4.6.2 Οι αποκεντρωμένες πλατφόρμες δανεισμού

Οι αποκεντρωμένες πλατφόρμες δανεισμού (PLF) (Perez et al., 2021) είναι ένας τύπος αποκεντρωμένης χρηματοοικονομικής πλατφόρμας που επιτρέπει στους χρήστες να παρέχουν ρευστότητα με τη μορφή ενός συγκεκριμένου τύπου token, σε αντάλλαγμα για "pool tokens" που διαμορφώνουν την αξία τους σύμφωνα με τις χρεώσεις τόκων από τους δανειολήπτες. Το επιτόκιο για τους δανειολήπτες τυπικά καθορίζεται από ένα επιλεγμένο μοντέλο επιτοκίου. Για την προστασία του πρωτοκόλλου από αστάθεια, απαιτείται από τους δανειολήπτες να παρέχουν εξασφαλίσεις, όπως το ETH ή ένα stablecoin, που είναι μεγαλύτερο από το ποσό των δανεισθέντων κεφαλαίων (Tolmach et al., 2021). Επιπλέον, επιτρέπει στους κερδοσκόπους να δανείζουν κρυπτονομίσματα και ενδεχομένως να αποκομίζουν μεγάλα κέρδη όταν τα εν λόγω νομίσματα που δανείζουν στις αντίστοιχες πλατφόρμες DeFi έχουν μεγάλες αποδόσεις.

4.6.3 Τα stablecoins

Τα stablecoins που προσφέρει η αποκεντρωμένη χρηματοοικονομική είναι μια άκρως σημαντική για το χώρο υπηρεσία. Αντίθετα με τα παραδοσιακά κρυπτονομίσματα, τα stablecoins είναι σε θέση να ελαχιστοποιήσουν τη μεταβλητότητα της τιμής τους σε σχέση με το συνδεδεμένο περιουσιακό στοιχείο χρησιμοποιώντας διαφορετικούς μηχανισμούς. Ο πιο συνηθισμένος τύπος stablecoin είναι το backed-stablecoin, το οποίο υποστηρίζεται από εξωτερικά περιουσιακά στοιχεία όπως εμπορεύματα, χρήματα fiat ή άλλα κρυπτονομίσματα ως εγγύηση (Tether, 2021). Για παράδειγμα, το USDC stablecoin υποστηρίζεται από το δολάριο ΗΠΑ. Τα τελευταία χρόνια, τα αλγοριθμικά

stablecoins, τα οποία δεν υποστηρίζονται από άλλα περιουσιακά στοιχεία, έχουν αποκτήσει δημοτικότητα επειδή μπορούν να σταθεροποιήσουν την τιμή τους χρησιμοποιώντας αποκεντρωμένους αλγόριθμους (δηλαδή, έξυπνα συμβόλαια) χωρίς να θυσιάζουν υπερβολική απόδοση κεφαλαίου. Αυτό συνήθως επιτυγχάνεται με τον έλεγχο της προσφοράς χρήματος των αλγοριθμικών σταθερών νομισμάτων, η οποία είναι παρόμοια με τη διαδικασία εκτύπωσης και καταστροφής χρήματος στις κεντρικές τράπεζες (Zhao et al., 2021).



Διάγραμμα 3 : Η συνολική κεφαλαιουχική αξία των stablecoin. Πηγή : Coindesk.com

4.6.4 Τα Non Fungible Tokens NFTs

Τα NFTs είναι μια κατηγορία DeFi που έχει ακουστεί πολύ τα τελευταία χρόνια. Πρόκειται για έναν τύπο ψηφιακού περιουσιακού στοιχείου που αντιπροσωπεύει την ιδιοκτησία ενός μοναδικού στοιχείου ή τμήματος ψηφιακού περιεχομένου. Σε σύγκριση με τα συμβατικά κρυπτονομίσματα όπως το Bitcoin και το Ethereum, τα οποία είναι ανταλλάξιμα, τα NFT είναι μοναδικά και μη ανταλλάξιμα. Μπορεί να είναι οποιοδήποτε μορφής, όπως έργα τέχνης, μουσική, βίντεο, φωτογραφίες, tweets ή ακόμα και ψηφιακή γη (Yousaf and Yarovaia, 2022). Η τεχνολογία του Blockchain επιτρέπει στα NFT να λειτουργούν ως μια μορφή ψηφιακής σπανιότητας, διασφαλίζοντας ότι κάθε NFT είναι μοναδικό και δεν μπορεί να αναπαραχθεί ή να παραποιηθεί. Μια άλλη σημαντική πτυχή τους είναι η δυνατότητα επισύναψης μεταδεδομένων. Αυτό τους επιτρέπει να χρησιμεύουν ως μέσο επαλήθευσης ταυτότητας για ψηφιακά στοιχεία, καθώς τα μεταδεδομένα που επισυνάπτονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ταυτοποίηση της γνησιότητας και της προέλευσής του. Σύμφωνα με τον Wang, οι αγορές NFT και DeFi συμπεριφέρθηκαν διαφορετικά κατά την περίοδο της αστάθειας της αγοράς κρυπτονομισμάτων (Wang, 2022). Ο προσωπικός τομέας κυριάρχησε στην αγορά μη ανταλλάξιμων κουπονιών (NFT) το 2021 και αντιπροσώπευε περισσότερο από το 61,0% του μεριδίου των παγκόσμιων εσόδων. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει πράγματα όπως η ψηφιακή τέχνη που δημιουργήθηκε από έναν μεμονωμένο καλλιτέχνη, προσωπικά συλλεκτικά αντικείμενα, αναμνηστικά ή άλλα αντικείμενα που έχουν προσωπική σχέση ή νόημα για τον ιδιοκτήτη. Οι αυξανόμενες δαπάνες για ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία παγκοσμίως είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθοδηγούν την ανάπτυξη του τομέα. Σύμφωνα με την CryptoSlam, μια διαδικτυακή εκδοτική εταιρεία, τον Φεβρουάριο του 2021, οι άνθρωποι ξόδεψαν πάνω από 1 δισεκατομμύριο δολάρια σε ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία.

4.7 Βασικά πρωτόκολλα DeFi

4.7.1 MakerDAO

Το MakerDAO είναι η πρώτη οντότητα που μπορεί να θεωρηθεί πλατφόρμα DeFi. Το κύριο προϊόν του είναι το DAI stablecoin, το οποίο έχει σχεδιαστεί για να συνδέεται με την αξία του δολαρίου ΗΠΑ. Αυτό το καθιστά χρήσιμο εργαλείο για άτομα που θέλουν να αντισταθμίσουν την αστάθεια άλλων κρυπτονομισμάτων. Ανθεκτικό στον υπερπληθωρισμό λόγω της χαμηλής μεταβλητότητάς του, το DAI προσφέρει οικονομική ελευθερία και ευκαιρίες σε οποιονδήποτε, οπουδήποτε (Maker Team, n.d.). Ο πυρήνας του συστήματος είναι το έξυπνο συμβόλαιο "Collateralized Debt Position" (CDP), το οποίο επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν Dai με εξασφάλιση των περιουσιακών τους στοιχείων. Για να δημιουργήσει το Dai, ένας χρήστης πρέπει πρώτα να ανοίξει ένα CDP καταθέτοντας ένα περιουσιακό στοιχείο ασφάλειας, όπως το Ether (ETH), στο έξυπνο συμβόλαιο CDP. Ο χρήστης μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιήσει το CDP για να δανειστεί μια ισοδύναμη αξία Dai, η οποία εκδίδεται και μεταφέρεται στο πορτοφόλι του χρήστη. Το MakerDAO επιτρέπει επίσης στους χρήστες να δανείζουν και να δανείζονται κρυπτονομίσματα, κάτι που μπορεί να είναι ένας χρήσιμος τρόπος δημιουργίας εισοδήματος ή πρόσβασης σε πρόσθετα κεφάλαια. Ταυτόχρονα, Το DAO διοικείται από τους κατόχους του MKR token, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να ψηφίσουν διάφορες προτάσεις που σχετίζονται με τη λειτουργία του DAO, όπως αλλαγές στο τέλος σταθερότητας ή άλλες παραμέτρους του συστήματος. Οι κάτοχοι MKR έχουν επίσης τη δυνατότητα να δημιουργήσουν ή να εξαργυρώσουν DAI και λαμβάνουν μέρος των τελών σταθερότητας που δημιουργούνται από το σύστημα ως ανταμοιβή για τη συμμετοχή τους. Αποτελεί σημαντικό μέρος του οικοσυστήματος DeFi και έχει συμβάλει στην προώθηση της καινοτομίας και στην υιοθέτηση αποκεντρωμένων πρωτοκόλλων χρηματοοικονομικής και εφαρμογών.

4.7.2 Chainlink

Το Chainlink είναι ένα project που στοχεύει στη δημιουργία ενός αποκεντρωμένου δικτύου oracle σε πολλούς υπολογιστές σε όλο τον κόσμο. Τα oracles είναι αποκεντρωμένοι κόμβοι που συλλέγουν δεδομένα από εξωτερικές πηγές και τα τροφοδοτούν στο Blockchain. Παρέχουν αξιόπιστα, πραγματικά δεδομένα σε έξυπνα συμβόλαια που εκτελούνται σε διάφορες αλυσίδες συστοιχιών. Τα έξυπνα συμβόλαια θα μπορούσαν να έχουν πρόσβαση σε πόρους εκτός αλυσίδας και να ανταποκρίνονται έγκαιρα σε γεγονότα του πραγματικού κόσμου παράλληλα με την εκτέλεση συμφωνιών χωρίς εξωτερική απόδειξη απόδοσης (101 Blockchains, n.d.). Οι ροές τιμών χρηματοδοτούνται από διάφορα έργα και είναι προς το παρόν διαθέσιμες για δημόσια χρήση χωρίς να απαιτείται LINK (Kaleem & Shi, 2021). Όταν ένα έξυπνο συμβόλαιο χρειάζεται πρόσβαση σε εξωτερικά δεδομένα, στέλνει ένα αίτημα στο δίκτυο Chainlink μέσω ενός έξυπνου συμβολαίου που ονομάζεται "oracle contract". Το συμβόλαιο Oracle καθορίζει τα δεδομένα που χρειάζονται, καθώς και τυχόν απαιτήσεις ή προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούν οι πάροχοι δεδομένων. Στη συνέχεια, στέλνει το αίτημα σε μια ομάδα κόμβων Chainlink, οι οποίοι επιλέγονται με βάση τη φήμη τους και τις συγκεκριμένες απαιτήσεις του αιτήματος. Οι κόμβοι ανακτούν τα ζητούμενα δεδομένα από εξωτερικές πηγές και τα στέλνουν πίσω στο συμβόλαιο του oracle. Στη συνέχεια, το συμβόλαιο oracle επαληθεύει τα δεδομένα και, εάν είναι ακριβή και πληροί τις απαιτήσεις που καθορίζονται στο αίτημα, τα στέλνει πίσω στο αρχικό έξυπνο συμβόλαιο το οποίο μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιήσει τα δεδομένα για να εκτελέσει τους όρους και τις προϋποθέσεις του. Με αυτόν τον τρόπο, το Chainlink επιτρέπει στα έξυπνα συμβόλαια να έχουν ασφαλή και αξιόπιστη πρόσβαση σε εξωτερικά δεδομένα και συμβάντα, γεγονός που διευρύνει τις δυνατότητές τους και επιτρέπει τη χρήση τους σε ένα ευρύτερο φάσμα εφαρμογών.

4.7.3 Polygon

Το Polygon, παλαιότερα γνωστό ως Matic Network, είναι μια λύση κλιμάκωσης που στοχεύει στην παροχή πολλαπλών εργαλείων για τη βελτίωση της ταχύτητας και τη μείωση του κόστους και της πολυπλοκότητας των συναλλαγών σε δίκτυα Blockchain. Το Polygon χρησιμοποιεί τη δική του αλυσίδα (PoS) και ένα πιο βιώσιμο επίπεδο επεκτασιμότητας (plasma) (Besançon et al., 2022). Στο επίκεντρο του οράματος του Polygon βρίσκεται το Ethereum, μια πλατφόρμα που φιλοξενεί μια σειρά αποκεντρωμένων εφαρμογών, όπου μπορεί κανείς να συμμετάσχει σε εικονικούς κόσμους, να παίζει παιχνίδια, να αγοράσει έργα τέχνης και να συμμετάσχει σε μια σειρά από χρηματοοικονομικές υπηρεσίες. Με λίγα λόγια, το Polygon τιμολογείται ως δίκτυο επιπέδου 2, πράγμα που σημαίνει ότι λειτουργεί ως πρόσθετο επίπεδο στο Ethereum που δεν επιδιώκει να αλλάξει το αρχικό στρώμα Blockchain (Kapengut and Mizrach, 2022). Όπως το γεωμετρικό του όνομα, το Polygon έχει πολλές πλευρές, σχήματα και χρήσεις και υπόσχεται ένα απλούστερο πλαίσιο για την κατασκευή διασυνδεδεμένων δικτύων. Το Polygon θέλει να βοηθήσει το Ethereum να επεκταθεί σε μέγεθος, ασφάλεια, αποτελεσματικότητα και χρησιμότητα και επιδιώκει να παρακινήσει τους προγραμματιστές να φέρουν δελεαστικά προϊόντα στην αγορά όλο και πιο γρήγορα. Μετά το rebranding, το Polygon διατήρησε το κρυπτονόμισμα MATIC, το ψηφιακό νόμισμα που στηρίζει το δίκτυο. Το MATIC χρησιμοποιείται ως μονάδα πληρωμής και διακανονισμού μεταξύ συμμετεχόντων που αλληλεπιδρούν εντός του δικτύου.

4.8 Κίνδυνοι που προκύπτουν

4.8.1 Η πιθανότητα παραβιάσεων της ασφάλειας

Η πιθανότητα παραβιάσεων της ασφαλείας ένας από τους κύριους κινδύνους του DeFi. Επειδή οι συναλλαγές καταγράφονται σε ένα αποκεντρωμένο Blockchain, είναι λιγότερο ευάλωτες σε hacking και άλλες μορφές κυβερνοεπιθέσεων σε σύγκριση με τα παραδοσιακά χρηματοπιστωτικά συστήματα. Ωστόσο, αυτό δεν σημαίνει ότι έχει πλήρη ανοσία σε αυτές τις απειλές. Μάλιστα, τα τελευταία χρόνια υπήρξαν αρκετά χακαρίσματα υψηλού προφίλ, με αποτέλεσμα σημαντικές απώλειες για τους χρήστες. Τα έξυπνα συμβόλαια ενδέχεται να περιέχουν σφάλματα στον κώδικά τους και όπως δείχνει η πρόσφατη ιστορία, μπορεί να είναι ευάλωτα σε δολιοφθορά. Αυτό φαίνεται από την υπόθεση της Yam Finance, η οποία ήταν μια πλατφόρμα που κατέρρευσε λόγω σφάλματος στον κώδικα της αφού είχε ήδη συγκεντρώσει 750 εκατομμύρια δολάρια σε καταθέσεις (Chohan, 2021).

4.8.2 Η ρυθμιστική αβεβαιότητα

Η ρυθμιστική αβεβαιότητα αποτελεί χαρακτηριστικό πρόβλημα της αποκεντρωμένης χρηματοοικονομικής. Επειδή το DeFi είναι μια σχετικά νέα και ταχέως εξελισσόμενη τεχνολογία, δεν είναι ακόμη σαφές πώς θα ρυθμιστεί στο μέλλον. Η αβεβαιότητα αυτή, μπορεί να δημιουργήσει κινδύνους για τους χρήστες του DeFi, καθώς και για τους προγραμματιστές και τους επενδυτές που κατασκευάζουν τέτοιου είδους εφαρμογές. Στο παρελθόν, η ανάπτυξη του οικοσυστήματος δεν ήταν εκθετική και οι ρυθμιστικές αρχές δεν είχαν προσπαθήσει ακόμη να ρυθμίσουν τον τρόπο χρήσης του. Το DeFi πλέον, λειτουργεί σε μια ρυθμιστική γκρίζα ζώνη και ο καθορισμός της δικαιοδοσίας θα είναι δύσκολος, καθώς τα projects εμπίπτουν σε πολλά διαφορετικά πολιτειακά, ομοσπονδιακά/εθνικά και περιφερειακά καθεστώτα αδειοδότησης και εποπτείας. Κάθε δυνητικός ρυθμιστής επιβάλλει πρόσθετους όρους και δεν υπάρχει κυβερνητικό όργανο που να επιβλέπει τον τρόπο λειτουργίας των πρωτοκόλλων και να διασφαλίζει τη συμμόρφωσή τους. Τα stablecoins, ειδικότερα, έχουν τραβήξει την προσοχή των ρυθμιστικών αρχών και υπάρχει πιθανότητα να απαγορευθούν ή να ρυθμιστούν σε μεγάλο βαθμό, κάτι που θα είχε σημαντικό αντίκτυπο στο οικοσύστημα DeFi. Τον Απρίλιο του 2020, η G20 ζήτησε μια παγκόσμια συναίνεση σχετικά με την

απαγόρευση ή την επίβλεψη των stablecoin, αναφέροντας τους κινδύνους που ενέχουν για τα εθνικά νομίσματα και την πιθανή απώλεια κυριαρχίας για τις χώρες (Barry and One Lincoln Street, 2020).

4.8.3 Ο κίνδυνος κεντρικότητας

Ο κίνδυνος κεντρικότητας αφορά στο ότι ένα κεντρικό σημείο αστοχίας θα μπορούσε να υπονομεύσει ολόκληρο το σύστημα. Σχετίζεται με έξυπνα συμβόλαια που μπορούν να τροποποιηθούν επειδή ένας διαχειριστής έχει τον έλεγχο των λειτουργιών μιας πλατφόρμας. Εάν κάποιος κατέχει αυτό το επίπεδο ελέγχου, οι χρήστες πρέπει να εμπιστεύονται τον διαχειριστή ότι δε θα αλλάξει τον τρόπο λειτουργίας της πλατφόρμας όταν επενδύσουν. Από τη μία πλευρά, εάν ένα πρωτόκολλο αποκεντρωθεί περαιτέρω στο μέλλον, μπορεί να είναι πιο ευαίσθητο σε ευπάθειες έξυπνων συμβολαίων που δεν μπορούν να αλλάξουν. Από την άλλη πλευρά, εάν ένα πρωτόκολλο DeFi έχει πάντα διαχειριστές, μπορεί πάντα να διακοπεί ή να καταργηθεί ανά πάσα στιγμή, απαιτώντας από τους χρήστες να έχουν υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης. Ορισμένα πρωτόκολλα DeFi σχεδιάζουν να αποκεντρωθούν καθώς ωριμάζουν, αλλά μένει να δούμε αν αυτό μπορεί να επιτευχθεί. Ο κίνδυνος κεντρικότητας μπορεί επίσης να προκύψει από τη χρήση stablecoin, όπως το USDT και το USDC, αφού οι επενδυτές πρέπει να εμπιστεύονται ότι η αξία των token τους είναι πραγματικά συνδεδεμένη με την αξία του δολαρίου ΗΠΑ. Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι stablecoins που χρησιμοποιούνται στο DeFi: DAI, USDC και USDT (Tether). Αυτά υποτίθεται ότι είναι συνδεδεμένα 1:1 με το δολάριο ΗΠΑ και χρησιμοποιούνται συνήθως σε πρωτόκολλα δανεισμού. Ωστόσο, όλα αυτά τα stablecoins έχουν κάποια κεντρικά σημεία αποτυχίας και διατρέχουν κινδύνους. Για παράδειγμα, το USDC και το USDT είναι κεντροποιημένα και απαιτούν εμπιστοσύνη σε έναν τρίτο εκδότη για την υποστήριξη των token. Στην περίπτωση του USDT, αποκαλύφθηκε ότι υποστηρίζονταν μόνο κατά 74% από αποθεματικά. Το πρόβλημα μπορεί να μετριαστεί χρησιμοποιώντας αποκεντρωμένα stablecoins και εξετάζοντας προσεκτικά το επίπεδο συγκέντρωσης στα πρωτόκολλα.

4.8.4 Ο κίνδυνος Oracle

Ο κίνδυνος oracle, που σχετίζεται άμεσα με το πρόβλημα επεκτασιμότητας της τεχνολογίας Blockchain που επισημάναμε, αναφέρεται στην πιθανότητα τα έξυπνα συμβόλαια να λαμβάνουν ανέντιμα στοιχεία εντός αλυσίδας λόγω χειραγώγησης πληροφοριών από έναν πάροχο ή ένα oracle που δεν ενημερώνει ένα έξυπνο συμβόλαιο με πληροφορίες εκτός αλυσίδας όσο γρήγορα αναμένεται. Τα πρωτόκολλα DeFi βασίζονται συχνά σε oracles, τα οποία είναι τρίτα μέρη που αναφέρουν πληροφορίες από πηγές πραγματικού κόσμου (εκτός αλυσίδας). Είναι απαραίτητα επειδή τα κατανεμημένα λογιστικά βιβλία είναι ντετερμινιστικά συστήματα δεδομένων που δεν είναι σε θέση να καταγράψουν ή να εξετάσουν οποιαδήποτε πληροφορία εκτός συναλλαγών, μια έννοια που είναι γνωστή ως «πρόβλημα oracle» (Smith and Crown, 2019). Τα Oracles λειτουργούν ως μεσάζοντες μεταξύ του Blockchain και ενός API (application programming interface) μεταφράζοντας πληροφορίες ώστε να τις κατανοήσει το Blockchain. Οι Liu και Szalachowski διαπίστωσαν ότι παρόλο που τα oracles παίζουν κρίσιμο ρόλο στο οικοσύστημα DeFi, η υποκείμενη μηχανική τους είναι ακοόμα ασαφής και ανεξερεύνητη (Liu et al. 2021).

4.8.5 Ο κίνδυνος οικονομικού κινήτρου

Ο κίνδυνος οικονομικού κινήτρου έγκειται στα οικονομικά κίνητρα που ωθούν τους συμμετέχοντες στο δίκτυο να εκτελέσουν ορισμένες ενέργειες μπορεί να αποτύχουν να ενθαρρύνουν τη σωστή συμπεριφορά ή να μην είναι επαρκής, με αποτέλεσμα να επηρεάζονται αρνητικά άλλοι χρήστες. Για παράδειγμα, τα κίνητρα στα έξυπνα συμβόλαια MakerDAO μπορεί να είναι πολύ επιθετικά και η δέσμευση DAI/USD θα μπορούσε να σπάσει εάν η τιμή ETH πέσει πολύ γρήγορα. Αυτός ο

κίνδυνος σχετίζεται ιδιαίτερα με τα πρωτόκολλα DeFi που έχουν τα δικά τους εγγενή token, καθώς οι κάτοχοι αυτών των ψηφιακών νομισμάτων καθορίζουν τον τρόπο λειτουργίας της πλατφόρμας. Εάν ένας μικρός αριθμός διευθύνσεων συσσωρεύσει μεγάλη ποσότητα του εγγενούς token, μπορεί να έχουν σημαντική επιρροή στον τρόπο λειτουργίας της πλατφόρμας και να προτείνουν αναβαθμίσεις που είναι επωφελείς για αυτούς, αντί για τους χρήστες της πλατφόρμας.

4.8.6 Η χειραγώγηση της αγοράς

Η χειραγώγηση της αγοράς αποτελεί ένα συνηθισμένο φαινόμενο στην αγορά του DeFi αλλά και γενικότερα των κρυπτονομισμάτων. Με την άνοδο της αξίας του DeFi, μια βελτίωση στη γνώμη του κοινού για την αγορά ήταν αναμενόμενη, αλλά μια αύξηση σχεδόν δέκα φορές σε διάστημα λίγων μηνών ήταν σίγουρα περισσότερη από ό,τι είχε φανταστεί ο οποιοσδήποτε και θα μπορούσε επίσης να θεωρηθεί ως red flag (Ramos and Zanko, 2020). Η αποκεντρωμένη φύση των αγορών μπορεί επίσης να εισαγάγει τον κίνδυνο χειραγώγησης μέσω wash trade, όπου ένας μεμονωμένος παράγοντας ή ομάδα παραγόντων αγοράζει και πωλεί ένα περιουσιακό στοιχείο για να δημιουργήσει την ψευδαίσθηση της αυξημένης ζήτησης και ρευστότητας. Τα flash loans, τα οποία επιτρέπουν στους χρήστες να δανείζονται μεγάλα ποσά χωρίς εξασφαλίσεις, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη χειραγώγηση της τιμής ενός περιουσιακού στοιχείου αγοράζοντας ένα μεγάλο ποσό και στη συνέχεια πουλώντας το γρήγορα σε υψηλότερη τιμή. Αυτές οι τακτικές μπορούν να διογκώσουν τεχνητά την τιμή ενός περιουσιακού στοιχείου, οδηγώντας σε κερδοσκοπία και περαιτέρω αυξήσεις τιμών και στο σχηματισμό φούσκας στην αγορά. Όταν η φούσκα τελικά σκάσει, όσοι αγόρασαν σε διογκωμένες τιμές μπορεί να υποστούν σημαντικές απώλειες.

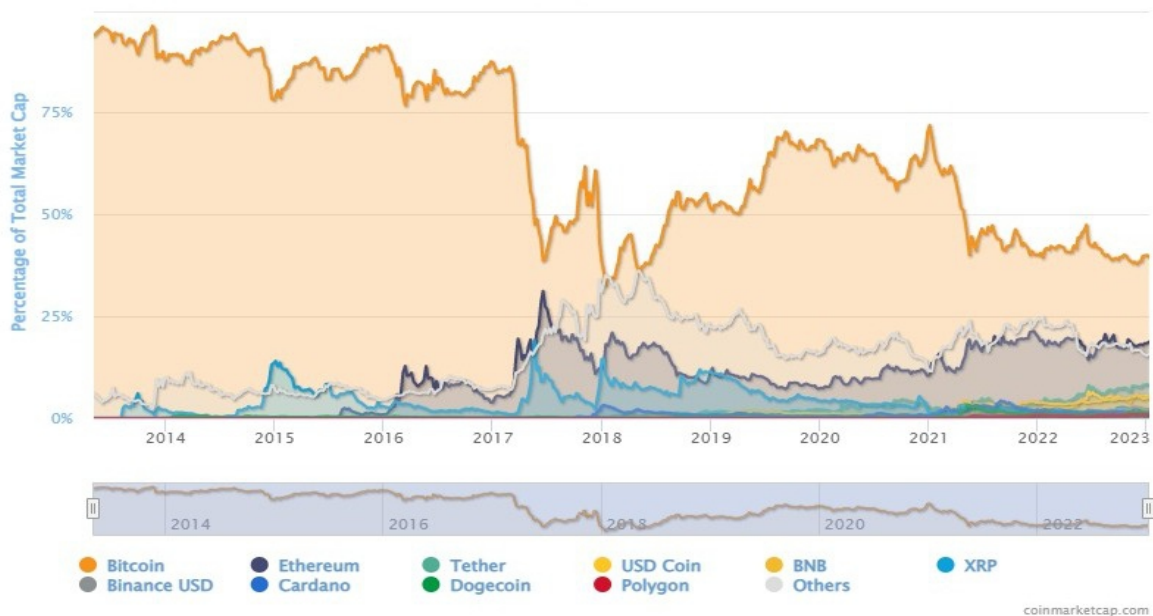
4.9 Η ανεξαρτητοποίηση του DeFi

Το Bitcoin είναι το πρώτο και πιο γνωστό κρυπτονόμισμα στον κόσμο και είχε σημαντικό αντίκτυπο στην ανάπτυξη της συνολικής αγοράς κρυπτονομισμάτων. Η κεφαλαιοποίηση αγοράς του είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή οποιουδήποτε άλλου κρυπτονομίσματος και οι κινήσεις των τιμών του συχνά έχουν μεγάλη επίπτωση στην υπόλοιπη αγορά. Το γεγονός αυτό, το κάνει να λειτουργεί ως ο “αρχηγός του κοπαδιού”, κάνοντας τα υπόλοιπα να ακολουθούν. Ταυτόχρονα, χρησιμοποιείται συχνά ως αντιστάθμιση έναντι άλλων κρυπτονομισμάτων. Πολλοί επενδυτές και έμποροι χρησιμοποιούν το Bitcoin ως ένα ασφαλές καταφύγιο, πράγμα που σημαίνει ότι αγοράζουν Bitcoin όταν η αγορά είναι αβέβαιη ή ασταθής, προκειμένου να προστατεύσουν τα χαρτοφυλάκιά τους.

Υπάρχουν πολλά κρυπτονομίσματα που είναι σημαντικά για την ανάπτυξη της αποκεντρωμένης χρηματοοικονομικής, αλλά είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το DeFi δεν εξαρτάται απαραίτητα από κάποιο συγκεκριμένο κρυπτονόμισμα. Αντίθετα, οι πλατφόρμες και τα πρωτόκολλα DeFi χρησιμοποιούν συχνά πολλαπλά κρυπτονομίσματα για να παρέχουν ρευστότητα, να διευκολύνουν τις συναλλαγές και να ενεργοποιούν διάφορες χρηματοοικονομικές υπηρεσίες, όπως το Ethereum, το Chainlink, το MakerDAO, το Polygon κι άλλα πολλά. Ενώ το Bitcoin έχει διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του DeFi, η κυριαρχία του στην αγορά ενδέχεται να επηρεάσει την ανάπτυξη του στο μέλλον. Το Bitcoin χρησιμοποιείται κυρίως ως αποθήκευση αξίας και μέσο ανταλλαγής, σε αντίθεση με το Ethereum, το οποίο είναι μια πλήρης γλώσσα προγραμματισμού που επιτρέπει τη δημιουργία έξυπνων συμβολαίων και αποκεντρωμένων εφαρμογών (dApps). Αυτή η προστιθέμενη λειτουργικότητα καθιστά το Ethereum μια πιο ευέλικτη πλατφόρμα για το DeFi, καθώς επιτρέπει την ανάπτυξη ενός ευρύτερου φάσματος λειτουργιών. Εάν το Ethereum ανατρέψει την κυριαρχία του Bitcoin στην αγορά η έστω ισορροπίσει την κατάσταση με τα υπόλοιπα κρυπτονομίσματα να ακολουθούν, θα μπορούσε ενδεχομένως να οδηγήσει σε αυξημένη υιοθέτηση και ανάπτυξη του DeFi. Θα είχε περισσότερη επιρροή και πόρους στη διάθεσή του για να οδηγήσει

την ανάπτυξη και την υιοθέτηση πρωτοκόλλων και εφαρμογών DeFi.

Τα κύρια επιχειρήματα κατά αυτής της αναστροφής, εστιάζονται στις πρόσφατες αναβαθμίσεις στο δίκτυο Bitcoin. Η αναβάθμιση Taproot επιτρέπει τη δημιουργία αποκεντρωμένων εφαρμογών στο Blockchain του Bitcoin, ενώ το Lightning Network βελτιώνει την επεκτασιμότητα και την αποτελεσματικότητα του Bitcoin. Αυτές οι αναβαθμίσεις έχουν τη δυνατότητα να κάνουν το Bitcoin πιο ανταγωνιστικό ως μέσο συναλλαγών και ως πλατφόρμα έξυπνων συμβολαίων, αλλά βρίσκονται ακόμα στα αρχικά τους στάδια και δεν έχουν ακόμη υιοθετηθεί ευρέως (Casas et al., 2021). Τα τελευταία χρόνια, η κυριαρχία του Bitcoin έχει αρχίσει και εξασθενεί ελαφρώς δείχνοντας πως κι άλλα έργα δέχονται την προσοχή που αξίζουν, με εκείνα του DeFi να έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο.



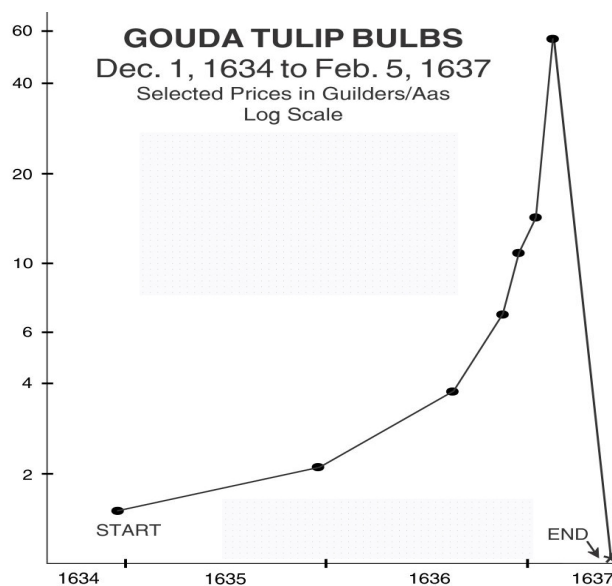
Διάγραμμα 4 : Το ποσοστό κυριαρχίας του Bitcoin και δέκα εκ των κορυφαίων κρυπτονομισμάτων με βάση την κεφαλαιουχική τους αξία την περίοδο 2014 – 2022. Πηγή : Coinmarketcap.com

5. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΦΟΥΣΚΑ

5.1 Οικονομικές φούσκες που έμειναν στην ιστορία

5.1.1 Η μανία της τουλίπας

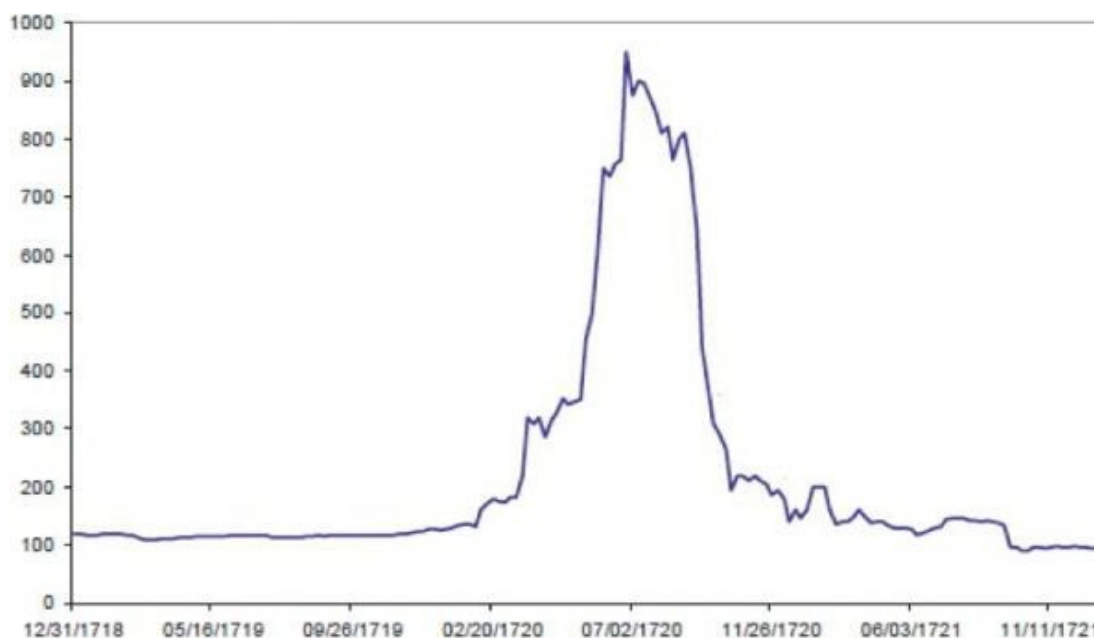
Η φούσκα της μανίας της τουλίπας ήταν μια περίοδος οικονομικής κερδοσκοπίας που εμφανίστηκε στην Ολλανδία τον 17ο αιώνα. Εκείνη την εποχή, οι βολβοί τουλίπας ήταν ένα δημοφιλές και πολύτιμο εμπόρευμα και οι επενδυτές ήταν πρόθυμοι να πληρώσουν μεγάλα χρηματικά ποσά για σπάνιες και εξωτικές ποικιλίες. Η ζήτηση για βολβούς τουλίπας αυξήθηκε γρήγορα και οι τιμές εκτινάχθηκαν στα ύψη καθώς οι κερδοσκόποι έσπευσαν να τους αγοράσουν και να τους πουλήσουν. Ωστόσο, η αγορά τουλίπας δεν ήταν βιώσιμη. Καθώς οι τιμές έφτασαν σε ιλιγγιώδη ύψη, πολλοί άνθρωποι άρχισαν να συνειδητοποιούν ότι η αξία των βολβών τουλίπας δεν βασιζόταν σε κάποια βασικά στοιχεία, αλλά μάλλον σε διαφημιστική εκστρατεία και απώτερους σκοπούς. Καθώς η φούσκα άρχισε να σκάει, η αγορά τουλιπών κατέρρευσε και πολλοί επενδυτές έμειναν με άδεια χέρια. Η φούσκα της μανίας της τουλίπας αναφέρεται συχνά ως παράδειγμα των κινδύνων της κερδοσκοπίας και της παράλογης πληθωρικότητας. Έδειξε τη δυνατότητα ανάπτυξης και έκρηξης οικονομικών φυσαλίδων, προκαλώντας εκτεταμένη οικονομική καταστροφή. Εξέθεσε επίσης την πιθανότητα διαφθοράς και χειραγώγησης στη χρηματοπιστωτική αγορά, οδηγώντας σε μεγαλύτερη ρύθμιση και εποπτεία. Παρά τον αντίκτυπο της μανίας της τουλίπας, η οικονομία της Ολλανδίας συνέχισε να αναπτύσσεται και να ευημερεί. Η χώρα παρέμεινε μια μεγάλη παγκόσμια δύναμη και η τουλίπα παρέμεινε σύμβολο της πολιτιστικής και οικονομικής της σημασίας. Τα διδάγματα από τη μανία της τουλίπας ενσωματώθηκαν τελικά στην ανάπτυξη της σύγχρονης οικονομικής θεωρίας και το γεγονός συνεχίζει να μελετάται από οικονομολόγους και ιστορικούς ως προειδοποιητική ιστορία. Τα τελευταία χρόνια, ωστόσο, μερικοί συγγραφείς αμφισβήτησαν πρόσφατα την ιδέα ότι το γεγονός ήταν μια οικονομική φούσκα και πρότειναν ότι τα πρότυπα τιμολόγησης ήταν τυπικά για νέα είδη πολυτελείας. Επιπλέον πληροφορίες σχετικά με το συγκεκριμένο γεγονός υπάρχουν στις μελέτες των Kindleberger το 2020 (Kindleberger, 2020) και Reinhart and Rogoff το 2009 (Reinhart and Rogoff, 2009).



Διάγραμμα 5 : Η φούσκα της μανίας της τουλίπας όπως αποτυπώνεται από το βιβλίο "Mania Chronicles"

5.1.2 Η φούσκα South Sea

Ένα αξιοσημείωτο παραδείγμα χρηματοοικονομικής φούσκας είναι το South Sea Bubble. Πρόκειται για μια οικονομική κρίση που εμφανίστηκε στην Αγγλία στις αρχές του 18ου αιώνα. Ήταν μια εποχή μεγάλης οικονομικής ευημερίας και οι επενδυτές αναζητούσαν νέες ευκαιρίες για να βγάλουν χρήματα. Η South Sea Company, μια βρετανική εταιρεία που εμπορευόταν στις αποικίες της Νότιας Αμερικής, προσφέρθηκε να αναλάβει το εθνικό χρέος με αντάλλαγμα τα αποκλειστικά εμπορικά δικαιώματα στην περιοχή. Η έκδοση μετοχών στην South Sea Company και η υπόσχεση για υψηλές αποδόσεις προσέλκυσαν μεγάλο αριθμό επενδυτών και η τιμή της μετοχής της εταιρείας εκτινάχθηκε στα ύψη. Αυτό οδήγησε σε εκτεταμένη κερδοσκοπία και οικονομική μανία, καθώς οι επενδυτές έσπευσαν να αγοράσουν μετοχές με την ελπίδα να μπουν στη δράση. Η φούσκα έφτασε στο αποκορύφωμά της στα τέλη του 1720, με την τιμή της μετοχής της εταιρείας να φτάνει σε πρωτοφανή ύψη. Ωστόσο, η South Sea Company δεν ήταν τόσο επιτυχημένη όσο ήλπιζαν οι επενδυτές της. Η εταιρεία πάλεψε να βγάλει κέρδη και οι τιμή της μετοχής της άρχισε να πέφτει κατακόρυφα. Καθώς η κατάσταση χειροτέρευε, πολλοί επενδυτές πανικοβλήθηκαν και προσπάθησαν να πουλήσουν τις μετοχές τους, με αποτέλεσμα το χρηματιστήριο να καταρρεύσει. Αυτό οδήγησε σε εκτεταμένη οικονομική καταστροφή, με πολλούς ανθρώπους να χάνουν όλες τις αποταμιεύσεις τους. Υπάρχουν τρία κλασικά βιβλία για το South Sea Bubble που παρέχουν τη βάση για τις περισσότερες έρευνες. Ο W.R. Scott έγραψε την ιστορία του τη δεκαετία του 1910. Η εργασία του Dickson για το Financial Revolution δημοσιεύθηκε το 1967. Το βιβλίο του John Carswell επικεντρώθηκε στο ίδιο το South Sea Bubble σε μια πιο ιστορική προσέγγιση. Και οι τρεις συγγραφείς έχουν προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για την South Sea Company (Paul, 2010). Η φούσκα αυτή αναφέρεται συχνά ως παράδειγμα των κινδύνων της κερδοσκοπίας και της παράλογης πληθωρικότητας. Η κρίση αποκάλυψε τη δυνατότητα διαφθοράς και κακοδιαχείρισης στον χρηματοπιστωτικό τομέα και οδήγησε σε μεγαλύτερη ρύθμιση του χρηματιστηρίου.



Διάγραμμα 6 : Η τιμή της μετοχής της South Sea Company την περίοδο της φούσκας. Πηγή : από victorian-era.org

5.1.3 Η φούσκα dot com

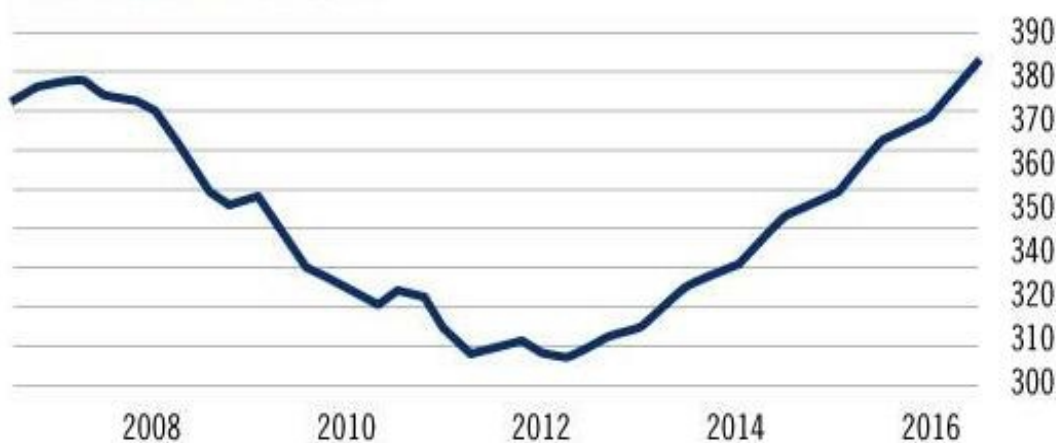
Πιο πρόσφατα, η φούσκα dot com ήταν μια περίοδος ταχείας ανάπτυξης και κερδοσκοπίας στον κλάδο της τεχνολογίας στα τέλη της δεκαετίας του 1990. Πολλές νέες εταιρείες, που συχνά αναφέρονται ως «dot coms», ιδρύθηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, και επικεντρώθηκαν στη δημιουργία και την εμπορευματοποίηση τεχνολογιών που βασίζονται στο διαδίκτυο. Αυτές οι εταιρείες μπόρεσαν να συγκεντρώσουν μεγάλα ποσά κεφαλαίου και οι τιμές των μετοχών τους εκτινάχθηκαν στα ύψη καθώς οι επενδυτές έριξαν χρήματα στον κλάδο. Ωστόσο, δεν ήταν όλες οι dot com επιτυχίες. Πολλοί από αυτούς είχαν μη δοκιμασμένα επιχειρηματικά μοντέλα και δεν είχαν βιώσιμες ροές εσόδων. Καθώς η φούσκα άρχισε να σκάει, πολλές από αυτές τις εταιρείες χρεοκόπησαν και οι τιμές των μετοχών τους έπεσαν κατακόρυφα. Αυτό οδήγησε σε εκτεταμένες απώλειες για τους επενδυτές και σημαντική συρρίκνωση στον κλάδο της τεχνολογίας. Η φούσκα dot com συχνά θεωρείται ως μια προειδοποιητική ιστορία σχετικά με τους κινδύνους της κερδοσκοπίας και των υπερεπενδύσεων σε μη αποδεδειγμένες τεχνολογίες. Εξέθεσε τη δυνατότητα απληστίας και παράλογης πληθωρικότητας στο χρηματιστήριο και οδήγησε σε μεγαλύτερο έλεγχο και ρύθμιση της βιομηχανίας τεχνολογίας. Παρά το σημάδι που άφησε η φούσκα dot com, η βιομηχανία τεχνολογίας συνέχισε να αναπτύσσεται και να καινοτομεί. Πολλές από τις τεχνολογίες που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, όπως το διαδίκτυο και οι κινητές συσκευές, είχαν βαθύ αντίκτυπο στην καθημερινή μας ζωή. Η φούσκα dot com άνοιξε επίσης τον δρόμο για την άνοδο εταιρειών όπως η Google και η Amazon, οι οποίες αποτελούν σημαντικούς παίκτες στην παγκόσμια οικονομία σήμερα. Ο Pennman, το 2003 χαρακτηρίζει τη φούσκα της δεκαετίας του 1990 ως ένα είδος αλυσιδωτού σχήματος εκρηκτικών αποφάσεων στο οποίο η επένδυση ορμής πήρε τη θέση της βασικής επένδυσης. Το κλίμα της εποχής κατέλαβε ο Alan Greenspan, Πρόεδρος του Διοικητικού Συμβουλίου της Ομοσπονδιακής Τράπεζας, όταν προειδοποίησε για την «παράλογη πληθωρικότητα» σε μια ομιλία του στο American Enterprise Institute for Public Policy Research στις 5 Δεκεμβρίου 1996 (Greenspan, 1996). Η δήλωση του έχει γίνει αντικείμενο πολλών συζητήσεων και έχει δώσει κίνητρο για τη διερεύνηση της φούσκας και την επακόλουθη κατάρρευσή της.



Διάγραμμα 7 : Οι δείκτες Nasdaq και S&P 500 την περίοδο της φούσκας DotCom (Chizu, 2018).

5.1.4 Η φούσκα της Αμερικανικής αγοράς ακινήτων

Οι Ηνωμένες Πολιτείες βίωσαν μια έντονη περίοδο εκρηκτικότητας τιμών στην αγορά ακινήτων, η οποία έσκασε το 2008, σοκάροντας την παγκόσμια οικονομία. Αυτό οφειλόταν στα χαμηλά επιτόκια και τη διαθεσιμότητα προϊόντων στεγαστικών δανείων που διευκόλυναν τους ανθρώπους να αγοράσουν σπίτια. Πριν σκάσει η φούσκα, οι οίκοι αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας, οι οποίοι πείστηκαν από επενδυτικές τράπεζες να δώσουν υψηλές αξιολογήσεις, δεν ανησυχούσαν σχετικά με την αξία των CDO (βεβαιωμένες υποχρεώσεις χρέους) επειδή η ασφάλεια αυτών των εξασφαλίσεων ήταν εγγυημένη από την αύξηση των τιμών των κατοικιών. Ομοίως, από τους διαχειριστές κεφαλαίων αντιστάθμισης κινδύνου έως τις επενδυτικές τράπεζες που ασκούσαν υψηλή μόχλευση, όλοι προστατεύονταν από μεγάλες απώλειες και ευθύνες όσο η φούσκα των ακινήτων συνέχιζε να επεκτείνεται (Cheng et al., 2014). Τελικά, αυτή έσκασε, οδηγώντας σε μια παγκόσμια κρίση. Πολλοί ιδιοκτήτες βρέθηκαν με στεγαστικά δάνεια που ήταν μεγαλύτερα από την αξία των σπιτιών τους, με αποτέλεσμα να γίνουν κατασχέσεις και να υπάρξει περαιτέρω πτώση των τιμών των κατοικιών. Παράγοντες που συνέβαλαν περιλάμβαναν την εύκολη πίστωση και την πώληση τίτλων που υποστηρίζονται από στεγαστικά δάνεια. Η φούσκα των ακινήτων είχε σημαντικές συνέπειες για την ευρύτερη οικονομία. Η κρίση στον χρηματοπιστωτικό τομέα οδήγησε σε πιστωτική κρίση, καθώς οι τράπεζες και άλλα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα έγιναν πιο συντηρητικά στις δανειοδοτικές τους πρακτικές. Αυτό κατέστησε πιο δύσκολη την πρόσβαση των επιχειρήσεων στην πίστωση που χρειάζονταν για να λειτουργήσουν, οδηγώντας σε απώλεια θέσεων εργασίας και επιβράδυνση της οικονομικής δραστηριότητας. Η φούσκα συνέβαλε επίσης στη δημιουργία ύφεσης, καθώς η πτώση των τιμών των κατοικιών και η πιστωτική κρίση οδήγησαν σε μείωση των καταναλωτικών δαπανών. Η εκδήλωση της χρησιμεύει ως υπενθύμιση των κινδύνων της χρηματοοικονομικής κερδοσκοπίας και της σημασίας της σωστής ρύθμισης στις αγορές. Η οικονομική ιστορία έχει δείξει ότι όλες οι χρηματοοικονομικές φούσκες, όπως όλα τα σχήματα Ponzi, τελικά έσκασαν και το μόνο ερώτημα είναι πότε.



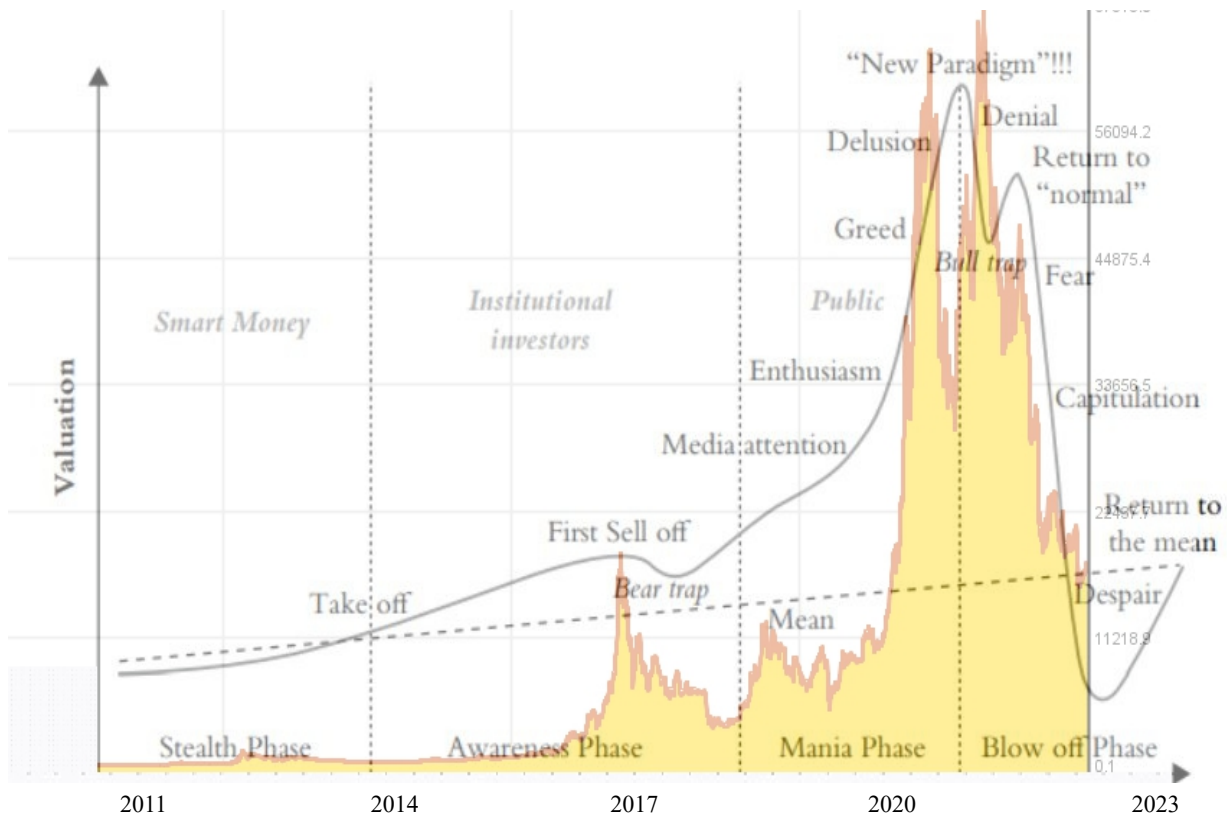
Διάγραμμα 8 : Δείκτης τιμών Αμερικανικής αγοράς ακινήτων - US House Price Index την περίοδο 2008 – 2016. Πηγή : [Seeking Alpha](#).

5.2 Τα στάδια μιας οικονομικής φούσκας

Το 2006, ο Jean Paul Rodrigue, ένας Καναδός καθηγητής εντόπισε τέσσερις διακριτές φάσεις φυσαλίδων σε μια μελέτη που διεξήγαγε (228Main):

- i. Η φάση Stealth είναι το αρχικό στάδιο μιας φούσκας, κατά το οποίο η τιμή του περιουσιακού στοιχείου αρχίζει να αυξάνεται σταδιακά, συχνά χωρίς να προσελκύει ιδιαίτερη προσοχή. Σε αυτό το σημείο, η αύξηση της τιμής μπορεί να δικαιολογηθεί από πραγματικούς οικονομικούς παράγοντες, όπως η αυξημένη ζήτηση ή η βελτιωμένη κερδοφορία. Ωστόσο, καθώς η τιμή συνεχίζει να αυξάνεται, τελικά αποσυνδέεται από τη θεμελιώδη αξία και η φούσκα αρχίζει να σχηματίζεται.
- ii. Η φάση Awareness είναι το στάδιο στο οποίο η φούσκα αρχίζει να αναγνωρίζεται ευρύτερα. Περισσότεροι άνθρωποι συνειδητοποιούν την άνοδο της τιμής και η κερδοσκοπία αρχίζει να ανεβάζει την τιμή ακόμη υψηλότερα. Ταυτόχρονα, τα μέσα ενημέρωσης ενδέχεται να αρχίσουν να αναφέρουν την αύξηση των τιμών, τροφοδοτώντας περαιτέρω τις εικασίες. Σε αυτό το στάδιο, ορισμένοι άνθρωποι μπορεί να αρχίσουν να ανησυχούν για τη βιωσιμότητα των αυξήσεων των τιμών και να αρχίσουν να πωλούν τα περιουσιακά τους στοιχεία.
- iii. Η φάση Mania είναι το σημείο στο οποίο η φούσκα βρίσκεται στο απόγειό της. Οι τιμές εκτοξεύονται στα ύψη και οι άνθρωποι σπεύδουν να αγοράσουν το περιουσιακό στοιχείο, λόγω του φόβου ότι θα χάσουν περαιτέρω αυξήσεις τιμών. Η προσοχή των μέσων ενημέρωσης και η διαφημιστική εκστρατεία γύρω από το περιουσιακό στοιχείο μπορεί να φθάσουν σε υψηλό επίπεδο, και ακόμη και εκείνοι που έχουν ελάχιστη γνώση του στοιχείου μπορεί να παρασυρθούν από τη διαφημιστική εκστρατεία.
- iv. Η φάση Blow Out είναι το τελικό στάδιο της φούσκας, όταν η τιμή του περιουσιακού στοιχείου αρχίζει να καταρρέει. Αυτό μπορεί να συμβεί ξαφνικά, καθώς οι επενδυτές συνειδητοποιούν ότι η τιμή δεν είναι βιώσιμη και αρχίζουν να ξεπουλούν τα περιουσιακά τους στοιχεία. Η κρίση μπορεί να προκληθεί από διάφορους παράγοντες, όπως μια αλλαγή στις συνθήκες της αγοράς ή η αποκάλυψη προηγουμένως κρυμμένων κινδύνων. Όταν η φούσκα σκάσει, η τιμή του περιουσιακού στοιχείου πέφτει κατακόρυφα και πολλοί επενδυτές μένουν με σημαντικές απώλειες.

Η περιγραφή των σταδίων μιας οικονομικής φούσκας του Rodrigue παρέχει ένα χρήσιμο πλαίσιο για την κατανόηση των διαφορετικών φάσεων της. Αναγνωρίζοντας τα σημάδια της και κατανοώντας τους σχετικούς κινδύνους, οι επενδυτές μπορούν να λάβουν τεκμηριωμένες αποφάσεις και ενδεχομένως να αποφύγουν σημαντικές απώλειες. Ο Robert Shiller, ένας νομπελίστας οικονομολόγος, έδωσε μια συνέντευξη στο CNBC στην οποία συνέκρινε το Bitcoin με τη μανία της τουλίπας και το περιέγραψε ως πείραμα και όχι ως μια σταθερή επένδυση. Δήλωσε επίσης ότι δεν κατέχει προσωπικά Bitcoin, αλλά πιστεύει ότι πιθανότατα θα παραμείνει για κάποιο χρονικό διάστημα. Ο Shiller ανέφερε επίσης την πολιτική πτυχή της ανόδου των κρυπτονομισμάτων, υποδηλώνοντας ότι πολλοί άνθρωποι έλκονται από την ιδέα ενός αποκεντρωμένου νομίσματος που δημιουργείται από υπολογιστή επειδή δεν εμπιστεύονται την κυβέρνηση (CNBC, 2018). Είναι ενδιαφέρον να δει κανείς τη σύγκριση μεταξύ των σταδίων μιας φούσκας και της ιστορικής κίνησης των τιμών του Bitcoin. Όπως παρατηρείται στο διάγραμμα 9, το Bitcoin ακολουθεί σχεδόν επακριβώς όλα τα στάδια που αναφέρει ο Rodrigue από το έτος 2011 μέχρι σήμερα. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι αυτή η σύγκριση δεν σημαίνει απαραίτητα ότι το Bitcoin ήταν φούσκα, αλλά υποδηλώνει ότι η κίνηση της τιμής του ακολούθησε ένα παρόμοιο μοτίβο με αυτό μιας τυπικής φούσκας. Επίσης, τα στάδια μιας φούσκας δεν αποτελούν οριστικό προγνωστικό δείκτη της συμπεριφοράς της αγοράς και ότι κάθε αγορά και περιουσιακό στοιχείο είναι μοναδικό και μπορεί να συμπεριφέρεται διαφορετικά. Πρέπει πάντα να εξετάζονται προσεκτικά πολλοί παράγοντες, πριν ληφθεί οποιαδήποτε επενδυτική απόφαση.



Διάγραμμα 9 : Ταυτόχρονη απεικόνιση της τιμής του Bitcoin την περίοδο 2011 – 2022 και των τεσσάρων φάσεων μιας οικονομικής φούσκας σύμφωνα με τον Rodrigue. Πηγή : (Kashyap, 2018) σε συνδυασμό με επεξεργασία.

5.3 Μεθοδολογία

5.3.1 Μέθοδοι PWY και PSY

Η παγκόσμια χρηματοπιστωτική κρίση που προκλήθηκε από την κατάρρευση της αγοράς κατοικίας των ΗΠΑ, υπενθυμίζει τις σημαντικές συνέπειες της μη έγκαιρης αναγνώρισης των φυσαλίδων στις τιμές των περιουσιακών στοιχείων. Ο εντοπισμός τους μπορεί να είναι δύσκολος και το θέμα έχει αποτελέσει αντικείμενο συνεχών ακαδημαϊκών και επαγγελματικών συζητήσεων. Μια προσέγγιση είναι η χρήση τεχνικών ανάλυσης χρονοσειρών και ο έλεγχος για την παρουσία εκρηκτικότητας στα δεδομένα, με βάση προβλέψεις από τη χρηματοοικονομική θεωρία. Αυτή η προσέγγιση βασίζεται στην ιδέα ότι εάν υπάρχει μια φούσκα στην τιμή ενός περιουσιακού στοιχείου, θα πρέπει να αντικατοπτρίζεται στη δυναμική και στις στατιστικές ιδιότητές της, ειδικά στην εκρηκτικότητά της.

Μία από τις πρώτες απόπειρες ανίχνευσης ορθολογικών φυσαλίδων στο πλαίσιο του χρηματιστηρίου έγινε από τους Diba και Grossman το 1988 (Diba and Grossman, 1988), όπου οι συγγραφείς προτείνουν τη χρήση δοκιμών στασιμότητας μειωμένης μορφής όσον αφορά τις τιμές των μετοχών και τα παρατηρήσιμα θεμελιώδη μεγέθη της αγοράς, ώστε να αποκλειστούν φούσκες αν το πρώτο δεν βρεθεί πιο εκρηκτικό από το δεύτερο. Ο Evans το 1991 (Evans, 1991) ωστόσο, αμφισβητεί την ισχύ τέτοιων δοκιμών και χρησιμοποιώντας μεθόδους προσομοίωσης, δείχνει ότι οι τυπικοί έλεγχοι μοναδιαίας ρίζας και συνολοκλήρωσης αποτυγχάνουν να απορρίψουν τη μηδενική υπόθεση μη παρουσίας φούσκας περιοδικής κατάρρευσης. Ενώ η μελέτη εγείρει ερωτήματα σχετικά με εναλλακτικές στρατηγικές για τον εντοπισμό φυσαλίδων, δεν παρέχει λύση.

Οι Phillips, Wu, και Yu το 2011 – PWY Method (Phillips et al., 2011) – και οι Phillips, Shi, και Yu το 2013 – PSY Method (Phillips et al., 2015) – ανέπτυξαν νέες μεθόδους για την ανίχνευση φυσαλίδων σε δεδομένα χρησιμοποιώντας αναδρομικές και κυλιόμενες δοκιμές μοναδιαίας ρίζας, οι οποίες μπορούν επίσης να εντοπίσουν πότε εμφανίζονται φυσαλίδες. Αυτές οι δοκιμές βασίζονται στον επανζημένο έλεγχο Dickey-Fuller και υποθέτουν μια μοναδιαία ρίζα στη μηδενική υπόθεση και μια ήπια εκρηκτική διαδικασία στην εναλλακτική υπόθεση. Τόσο το PWY όσο και το PSY έδειξαν ότι οι μέθοδοι τους είναι πιο ισχυρές από τις τυπικές δοκιμές στην ανίχνευση φυσαλίδων, ιδιαίτερα στην περίπτωση περιοδικών καταρρεύσεων. Σε μια μελέτη από τους Homm και Breitung το 2012 (Homm and Breitung, 2012), η στρατηγική PWY βρέθηκε να είναι αποτελεσματική στον εντοπισμό περιοδικών φυσαλίδων που καταρρέουν και στην παρακολούθησή τους σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, μια μελέτη Monte Carlo από τους Phillips, Shi και Yu πάλι το 2013 (Phillips et al., 2015) διέκρινε ότι η στρατηγική PSY ξεπέρασε τη στρατηγική PWY παρουσία πολλαπλών φυσαλίδων.

Αρκετές πρόσφατες εργασίες έχουν εφαρμόσει τις παραπάνω μεθόδους σε διάφορα πλαίσια. Για παράδειγμα, οι Phillips, Wu και Yu το 2011, χρησιμοποίησαν το τεστ SADF για να προσδιορίσουν τις φούσκες στην αγορά κατοικίας των ΗΠΑ, τις διαφορές εταιρικών ομολόγων και τις τιμές του πετρελαίου κατά τη διάρκεια της παγκόσμιας χρηματοπιστωτικής κρίσης. Οι Bettendorf και Chen το 2013 (Bettendorf and Chen, 2013) χρησιμοποίησαν τις δοκιμές SADF και GSADF για να βρουν στοιχεία εκρηκτικής συμπεριφοράς στη συναλλαγματική ισοτιμία στερλίνας-δολαρίου, αν και τελικά κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι πιθανότατα οφείλεται σε θεμελιώδεις παράγοντες και όχι σε μια λογική φούσκα. Οι Yiu, Yu και Jin το 2013 (Yiu et al., 2013) εφάρμοσαν το τεστ GSADF στην αγορά κατοικιών στο Χονγκ Κονγκ και βρήκαν στοιχεία πολλαπλών φυσαλίδων στα δεδομένα.

5.3.2 Κριτικές

Οι Pedersen και Schutte το 2017 (Pedersen and Schutte, 2017), σημείωσαν πως μια υπόθεση όπου οι καινοτομίες χρονολογικών σειρών για τη δοκιμή αναδρομικής μοναδιαίας ρίζας δεξιού μέρους είναι ομοσκεδαστικές και ασυσχέτιστες με τη μηδενική υπόθεση είναι κρίσιμη και τόνισαν ότι οι δοκιμές PWY και PSY, ενδέχεται να υπόκεινται σε τέτοιου είδους παγίδες εφόσον είναι επαναλαμβανόμενες δοκιμές μοναδιαίας ρίζας. Επιπλέον, η μέθοδος PWY, όπως περιγράφεται από τους Harvey, Leybourne, Sollis, and Taylor το 2016 (Harvey et al., 2016), έχει μια μη-κεντρική κατανομή ορίων κάτω από την μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε δοκιμές υπερβολικά μεγάλου μεγέθους και ως αποτέλεσμα να υπάρξουν ψευδείς ενδείξεις εκρηκτικής συμπεριφοράς όταν χρησιμοποιείται αναδρομικός έλεγχος σε πολλά υποδείγματα. Επίσης, οι Pedersen και Schutte διεξήγαγαν μια μελέτη προσομοίωσης που έδειξε ότι οι σειριακά συσχετισμένες καινοτομίες μπορούν να οδηγήσουν σε παραμορφώσεις μεγάλου βαθμού για τις δοκιμές PWY και PSY, οι οποίες μπορεί να μειωθούν με τη μείωση του μεγέθους του δείγματος, εξακολουθώντας όμως να αποτελούν πρόβλημα για μεγάλα δείγματα, οδηγώντας στον κίνδυνο απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης ενός τυχαίου περπατήματος υπέρ της εκρηκτικής εναλλακτικής και τη λανθασμένη ένδειξη παρουσίας φούσκας. Για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων, συνιστούν τη χρήση μιας διαδικασίας bootstrap που μπορεί να οδηγήσει σε δοκιμές σχεδόν τέλειου μεγέθους με αρκετά χαμηλό κόστος όσον αφορά την ισχύ. Ωστόσο, οι συγγραφείς αυτής της διατριβής τόνισαν τις προκλήσεις της χρήσης αυτών των μοντέλων για την ανάλυση των τιμών των κρυπτονομισμάτων εξαιτίας της μεταβλητότητάς τους και της πιθανότητας για ανακριβή αποτελέσματα.

Κάποιοι αμφισβητούν την εγκυρότητα αυτών των μεθόδων αναφερόμενοι στο γεγονός πως βασίζονται σε ιστορικά δεδομένα για τον εντοπισμό μοτίβων που μπορεί να υποδηλώνουν μια

φούσκα. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να μην είναι αποτελεσματική μιας και παράγοντες που δεν αποτυπώνονται στα ιστορικά δεδομένα είναι εκείνοι που συχνά τις προκαλούν. Μια άλλη κριτική είναι ότι αυτές οι μέθοδοι λειτουργούν με την υπόθεση ότι οι φούσκες των τιμών των περιουσιακών στοιχείων ακολουθούν ένα προβλέψιμο μοτίβο. Ωστόσο, αυτό μπορεί να μην ισχύει πάντα στην πράξη, αφού δεν είναι λίγες οι φορές που οφείλονται σε διάφορους παράγοντες που μπορεί να μην συμμορφώνονται με κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο. Οι μέθοδοι PWY και PSY ενδέχεται να υπόκεινται και σε μεροληψία επιλογής, καθώς μπορεί να είναι πιο πιθανό να εντοπίσουν φυσαλίδες σε ορισμένους τύπους περιουσιακών στοιχείων ή αγορών, ενώ αποτυγχάνουν να εντοπίσουν φυσαλίδες σε άλλους. Αυτό μπορεί να καταστήσει δύσκολη τη γενίκευση των αποτελεσμάτων αυτών των μεθόδων σε ένα ευρύτερο φάσμα περιουσιακών στοιχείων ή αγορών.

5.4 Τεχνική ανάλυση

5.4.1 ADF

Θεωρείστε την ακόλουθη διαδικασία τυχαίου περιπάτου με ασυμπτωτικά αμελητέα περιπλάνηση:

$$y_t = dT^{-\eta} + \theta y_{(t-1)} + e_t, \quad e_t \stackrel{iid}{\sim} N(0, \sigma^2), \quad \theta = 1 \quad (1)$$

όπου d είναι μια σταθερά, η είναι ένας συντελεστής εντοπισμού που ελέγχει το μέγεθος της μετατόπισης όταν το μέγεθος του δείγματος T πλησιάζει το άπειρο και e_t είναι ο όρος σφάλματος. Η μέθοδος PSY θέτει τα d , η και θ σε μονάδα, ενώ το PWY θέτει ουσιαστικά $\eta \rightarrow \infty$ (δηλαδή, τυχαίος περίπατος χωρίς τάση). Τρεις στατιστικοί έλεγχοι βασίζονται σε μια παραλλαγή της παρακάτω μειωμένης εμπειρικής μορφής εξίσωση :

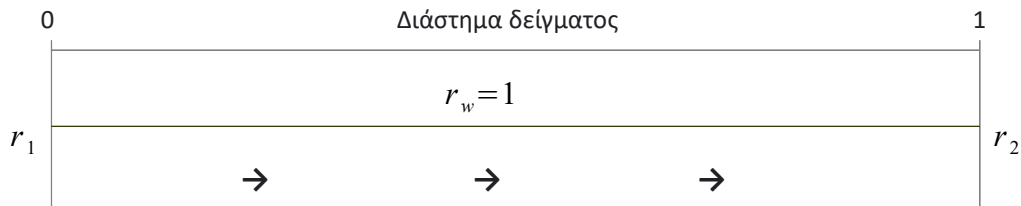
$$y_t = \mu + \delta y_{(t-1)} + \sum_{i=1}^p \varphi_i \Delta y_{(t-1)} + \varepsilon_t \quad (2)$$

όπου y_t είναι η εν λόγω μεταβλητή (π.χ. η τιμή ενός κρυπτονομίσματος), το μ είναι σταθερός όρος, το p είναι ο μέγιστος αριθμός υστερήσεων, φ_i για $i=1, \dots, p$ είναι οι διαφοροποιημένοι συντελεστές υστέρησης και ε_t είναι ο όρος σφάλματος. Η δοκιμή για μια φούσκα (εκρηκτική συμπεριφορά) βασίζεται σε μια παραλλαγή του δεξιού μέρος του τυπικού ελέγχου μοναδιαίας ρίζας ADF όπου η μηδενική υπόθεση είναι μοναδιαία ρίζα και η εναλλακτική έχει έναν ήπια εκρηκτικό αυτοπαλινδρομικό συντελεστή. Επίσημα, κάνουμε δοκιμή για :

$$\begin{aligned} H_0: \delta &= 1 \\ H_1: \delta &> 1 \end{aligned}$$

Για απλότητα της έκθεσης, χρησιμοποιούμε ένα διάστημα δείγματος $[0,1]$ (δηλαδή, κανονικοποιήσαμε το αρχικό δείγμα από T). Συμβολίζουμε με $\delta_{r1,r2}$ και από $ADFr_{1,r2}$ το συντελεστή που υπολογίζεται από την εξίσωση 2 και την αντίστοιχη στατιστική του ADF στο κανονικοποιημένο δείγμα $[r1, r2]$. Επιπλέον, συμβολίζουμε με r_w το κλασματικό

μέγεθος παραθύρου της παλινδρόμησης, που ορίζεται από $r_w = r_2 - r_1$ και από r_0 το σταθερό αρχικό παράθυρο, που ορίζεται από τον χρήστη. Η διαφορά μεταξύ των ελέγχων σχετίζεται με τον τρόπο ρύθμισης r_1 και r_2 . Η πρώτη δοκιμή είναι μια απλή εκδοχή του τυπικού ελέγχου μοναδιαίας ρίζας ADF στο δεξί μέρος. Σε αυτήν την περίπτωση, τα r_1 και r_2 είναι σταθερά στην πρώτη και την τελευταία παρατήρηση, αντίστοιχα, ολόκληρου του δείγματος, όπου σε αυτή την περίπτωση ισχύει $r_w = r_0 = 1$. Ωστόσο, οι κρίσιμες τιμές για τον έλεγχο της μηδενικής υπόθεσης διαφέρουν από αυτές που χρησιμοποιούνται στη συνήθη δοκιμή μοναδιαίας ρίζας του ADF εφόσον τώρα χρειαζόμαστε την εξέταση του δεξιού μέρους της μη τυπικής κατανομής

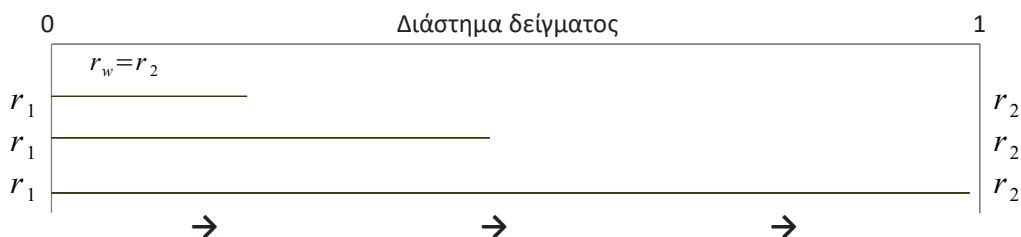


Διάγραμμα 10 : Απεικόνιση του ελέγχου ADF . Δημιουργήθηκε μέσω Apache OpenOffice.

5.4.2 SADF

Ο έλεγχος $SADF$, που προτείνεται από το PWY, βασίζεται σε αναδρομικούς υπολογισμούς των στατιστικών ADF με ένα σταθερό σημείο εκκίνησης και ένα επεκτεινόμενο παράθυρο, όπου το αρχικό μέγεθος του παραθύρου ορίζεται από τον χρήστη. Η διαδικασία εκτίμησης είναι η εξής: Η πρώτη παρατήρηση στο δείγμα ορίζεται ως το σημείο εκκίνησης του παραθύρου εκτίμησης, r_1 , δηλ. $r_1 = 0$. Στη συνέχεια, το τελικό σημείο του παραθύρου αρχικής εκτίμησης, r_2 , ορίζεται σύμφωνα με κάποια επιλογή του ελάχιστου μέγεθους παραθύρου, r_0 , έτσι ώστε το αρχικό μέγεθος παραθύρου να είναι $r_w = r_2$ αναφερόμενοι πάλι σε όρους κλασμάτων. Τελικά, η παλινδρόμηση υπολογίζεται αναδρομικά, ενώ αυξάνεται το μέγεθος του παραθύρου, $r_2 \in [r_0, 1]$, μια παρατήρηση κάθε φορά. Κάθε εκτίμηση αποδίδει ένα στατιστικό στοιχείο ADF που συμβολίζεται ως $ADFr_2$. Σημειώστε ότι στο τελευταίο βήμα, η εκτίμηση θα βασίζεται σε ολόκληρο το δείγμα (δηλαδή, $r_2 = 1$ και τη στατιστική θα είναι ADF_1). Το στατιστικό $SADF$ ορίζεται ως η ανώτατη τιμή του $ADFr_2$ με $r_2 \in [r_0, 1]$:

$$SADF(r_0) = \sup_{r_2 \in [r_0, 1]} \{ADFr_2\} \quad (3)$$

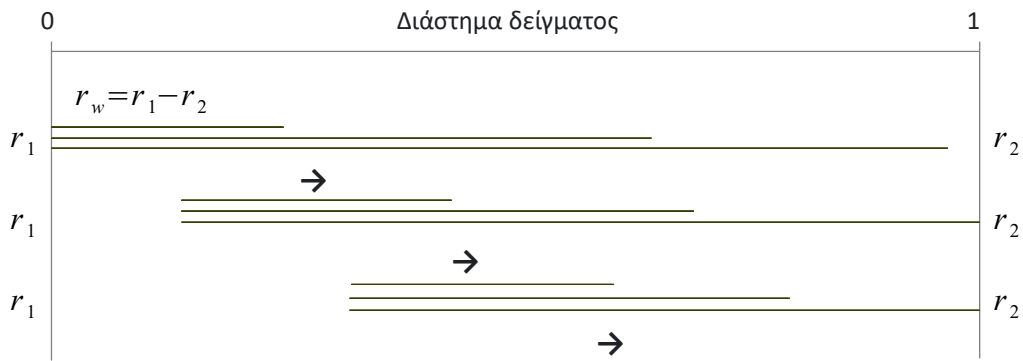


Διάγραμμα 11 : Απεικόνιση του ελέγχου $SADF$. Δημιουργήθηκε μέσω Apache OpenOffice.

5.4.3 GSADF

Το τελευταίο τεστ είναι το γενικευμένο $SADF$ ($GSADF$) , που προτείνεται από το PSY. Αυτό το τεστ γενικεύει τη δοκιμή $SADF$ επιτρέποντας πιο ευέλικτα παράθυρα εκτίμησης, όπου, σε αντίθεση με τον έλεγχο $SADF$, το σημείο εκκίνησης, r_1 , επιτρέπεται επίσης να ποικίλλει εντός του εύρους $[0, r_2 - r_0]$. Το στατιστικό $GSADF$ ορίζεται ως :

$$GSADF(r_0) = \sup_{r_2 \in [r_0, 1], r_1 \in [0, r_2 - r_0]} \{ADF_{r_1}^{r_2}\} \quad (4)$$



Διάγραμμα 12 : Απεικόνιση του ελέγχου $GSADF$. Δημιουργήθηκε μέσω Apache OpenOffice.

5.4.4 BSADF

Οι διαδικασίες $SADF$ και $GSADF$ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των σημείων έναρξης και λήξης μιας φούσκας σε μια χρηματοπιστωτική αγορά, υπό ορισμένες συνθήκες κανονικότητας. Ο έλεγχος $SADF$ περιλαμβάνει τη σύγκριση των στοιχείων της εκτιμώμενης ακολουθίας $ADFr_2$ με κρίσιμες τιμές για τον προσδιορισμό των σημείων έναρξης και τέλους της φυσαλίδας. Το εκτιμώμενο σημείο έναρξης της φυσαλίδας είναι η πρώτη χρονολογική παρατήρηση κατά την οποία το $ADFr_2$ διασχίζει την κρίσιμη τιμή από κάτω, ενώ το εκτιμώμενο τελικό σημείο είναι η πρώτη χρονολογική παρατήρηση μετά το σημείο έναρξης στο οποίο το $ADFr_2$ διασχίζει την κρίσιμη τιμή από πάνω. Αυτές οι εκτιμήσεις της περιόδου φούσκας ορίζονται από τα κλάσματα του δείγματος που καταλαμβάνουν ως :

$$\hat{r}_e = \inf_{r_2 \in [r_0, 1]} \{r_2 : ADF_{r_2} > cv_{r_2}^{\beta T}\} \quad (5)$$

$$\hat{r}_f = \inf_{r_2 \in [\hat{r}_e, 1]} \{r_2 : ADF_{r_2} > cv_{r_2}^{\beta T}\} \quad (6)$$

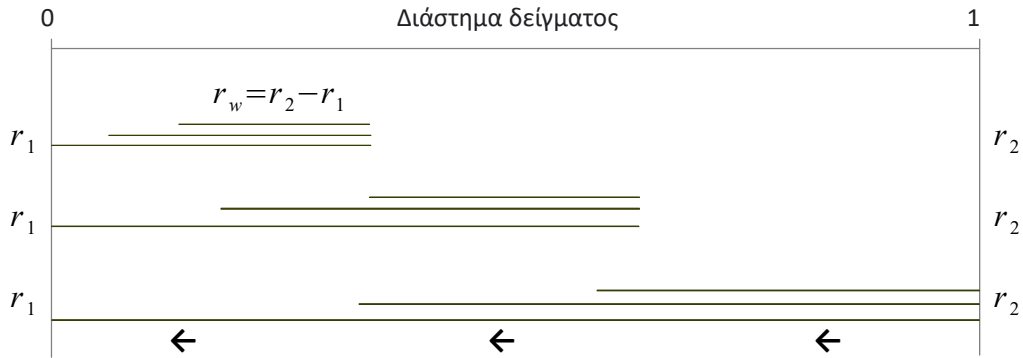
όπου $cv_{r_2}^{\beta T}$ είναι η κρίσιμη τιμή $100(1 - \beta_T)\%$ του τυπικού ADF βάσει στατιστικής στις Tr_2 παρατηρήσεις. Ομοίως, οι εκτιμήσεις για την περίοδο της φούσκας με βάση τον $GSADF$ δίνονται από

$$\hat{r}_e = \inf_{r_2 \in [r_0, 1]} \{r_2 : BSADF_{r_2}(r_0) > cv_{r_2}^{\beta T_{r_2}}\} \quad (7)$$

$$\hat{r}_f = \inf_{r_2 \in [\hat{r}_e, 1]} \{r_2 : BSADF_{r_2}(r_0) > cv_{r_2}^{\beta T_{r_2}}\} \quad (8)$$

όπου $cv_{r_2}^{\beta T}$ είναι η κρίσιμη τιμή $100(1 - \beta_T)\%$ του στατιστικού $SADF$ με βάση Tr_2 παρατηρήσεις. Το $BSADF(r_0)$ για $r_2 \in [r_0, 1]$, είναι το στατιστικό $SADF$ προς τα πίσω που σχετίζεται με τη στατιστικό $GSADF$ με την ακόλουθη σχέση:

$$GSADF(r_0) = \sup_{r_2 \in [r_0, 1]} \{BSADF_{r_2}(r_0)\} \quad (9)$$



Διάγραμμα 13 : Απεικόνιση του ελέγχου backwards GSADF. Δημιουργήθηκε μέσω Apache OpenOffice.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : ΣΥΝΟΨΗ ΤΩΝ ΜΗΔΕΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ PHILLIPS ET AL (2015) .

	Μηδενική Υπόθεση	Εναλλακτική Υπόθεση
ADF	Μοναδιαία Ρίζα	Εκρηκτική Συμπεριφορά
SADF	Μοναδιαία Ρίζα	Μία Περίοδος φούσκας Που Καταρρέει Περιοδικά
GSADF	Μοναδιαία Ρίζα	Πολλαπλές Περίοδοι Φούσκας Που Καταρρέουν

5.4.5 Panel GSADF

Οι δοκιμές $SADF$ και $GSADF$ μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε μεμονωμένες χρονοσειρές και, ως εκ τούτου, δεν εκμεταλλεύονται τη φύση πολλών μακροοικονομικών και χρηματοοικονομικών συνόλων δεδομένων. Με βάση το έργο των Pavlidis et al.(Pavlidis et al., 2016), προτείνουν επέκταση του $GSADF$ σε ετερογενή πάνελ. Θεωρείστε την παλινδρόμηση που δίνεται στην Εξίσωση 1 σε μορφή πίνακα (panel):

$$\Delta_{y_{i,t}} = a_{i,r1,r2} + \gamma_{i,r1,r2} y_{i,t-1} + \sum_{j=1}^k \psi_{i,r1,r2}^j \Delta_{y_{i,t-j}} + \epsilon_{i,t} \quad (10)$$

όπου $i=1, \dots, N$ υποδηλώνει το δείκτη του πίνακα και οι υπόλοιπες μεταβλητές ορίζονται όπως στην προηγούμενη υποενότητα. Το πάνελ $GSADF$ εξετάζει τη μηδενική υπόθεση μιας μοναδιαίας ρίζας, $H0: \gamma_{i,r1,r2}=0$, σε όλες τις σειρές N έναντι της εναλλακτικής εκρηκτικής συμπεριφοράς σε ένα υποσύνολο σειράς, $H1: \gamma_{i,r1,r2}>0$ για μερικά i . Αυτή η εναλλακτική επιτρέπει τα $\gamma_{i,r1,r2}$ να διαφέρουν μεταξύ τους και, υπό αυτή την έννοια, είναι πιο γενική (και λιγότερο περιοριστική) από τις προσεγγίσεις που επιβάλλουν μια ομοιογενής εναλλακτική υπόθεση. Η διαδικασία δοκιμής περιλαμβάνει την κατασκευή ενός μέτρου της συνολικής πληθωρικότητας υπολογίζοντας τον μέσο όρο του μεμονωμένες στατιστικές $BSADF$ σε κάθε χρονική περίοδο :

$$panel\ BSADF_{r_2}(r_0) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N BSADF_{i,r_2}(r_0) \quad (11)$$

και ο ορισμός της στατιστικής του πίνακα $GSADF$ ακολουθεί φυσικά. Είναι απλά το ανώτατο όριο του πίνακα $BSADF$:

$$panel\ GSADF(r_0) = \sup_{r_2 \in [r_0, 1]} panel\ BSADF_{r_2}(r_0) \quad (12)$$

Όπως και για τις μονομεταβλητές μεθόδους, περιλαμβάνει τη δοκιμή και τη χρονολόγηση επεισοδίων συνολικής πληθωρικότητας συγκρίνοντας τα στατιστικά στοιχεία του πίνακα $GSADF$ και του πίνακα $BSADF$ με τις κρίσιμες τιμές δεξιά από τις αντίστοιχες κατανομές ορίων.

6. Η ΦΟΥΣΚΑ ΤΩΝ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΩΝ

6.1 Το ξέφρενο ράλι

Η πανδημία του κορωνοϊού είχε σημαντικές επιπτώσεις τόσο στις πραγματικές όσο και στις χρηματοπιστωτικές αγορές. Καθώς οι επιχειρήσεις έκλεισαν, οι εταιρείες δυσκολεύτηκαν να αποκτήσουν πρόσβαση σε μετρητά, οδηγώντας σε αιτήματα τεράστιας ανάληψης μετρητών. Ως απάντηση στην πανδημία, οι κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο εφάρμοσαν μέτρα όπως lockdown, απαγόρευση κυκλοφορίας και κοινωνική απόσταση. Τα κρυπτονομίσματα άρχισαν να μοιάζουν σαν μια λογική εναλλακτική λύση. Ορισμένοι έμποροι λιανικής και πάροχοι υπηρεσιών ξεκίνησαν να δέχονται τα κρυπτονομίσματα ως τρόπο πληρωμής (Bezovski et al., 2021), η οποία θεωρητικά, δεν επηρεαζόταν άμεσα από τον πληθωρισμό ή τις ανησυχίες σχετικά με τη ρευστότητα. Πριν από την πανδημία, πίστευαν ότι τα κρυπτονομίσματα είχαν ασθενές συσχετισμό με τις χρηματιστηριακές αγορές, γεγονός που τα καθιστούσε πιθανό ασφαλές καταφύγιο κατά τη διάρκεια μιας κρίσης (Ante & Fiedler, 2020). Ωστόσο, υπάρχουν επιχειρήματα κατά αυτής της άποψης. Είναι πιθανό ότι καθώς οι παραδοσιακές αγορές υποχώρησαν, οι επενδυτές απέσυραν τα χρήματά τους και τα έβαλαν στην αγορά κρυπτονομισμάτων. Όμως, είναι δύσκολο να προσδιοριστούν οι συγκεκριμένοι οδηγοί αυτής της συμπεριφοράς, καθώς θα μπορούσε να είναι αποτέλεσμα τόσο ορθολογικών όσο και μη συμπεριφορών. Από ορθολογική άποψη, οι επενδυτές μπορεί λογικά να έχουν στραφεί στην αγορά κρυπτονομισμάτων με βάση τις πληροφορίες που ήταν διαθέσιμες εκείνη τη στιγμή. Από την άλλη πλευρά, μπορεί να επιδίδονται απλώς σε κοπαδική συμπεριφορά, ακολουθώντας τις αποφάσεις άλλων χωρίς να λαμβάνουν πλήρως υπόψη το κόστος και τα οφέλη μιας τέτοιας επενδυτικής στρατηγικής.

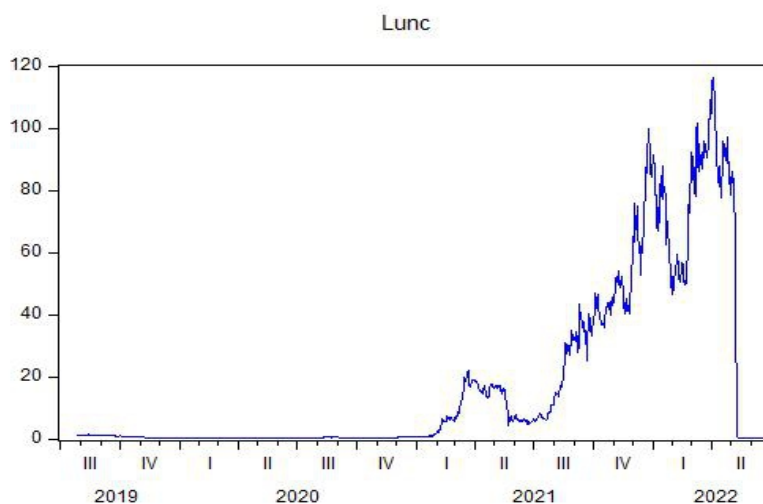
Το 2020, πολλά μεγάλα ιδρύματα, συμπεριλαμβανομένων χρηματοπιστωτικών εταιρειών, ανακοίνωσαν ότι επενδύουν στο Bitcoin ή το προσθέτουν στους ισολογισμούς τους. Τον Μάρτιο του 2021, η Morgan Stanley έγινε η πρώτη μεγάλη τράπεζα των ΗΠΑ που πρόσφερε σε πλουσιότερους πελάτες πρόσβαση σε κεφάλαια Bitcoin – αν και περιοριζόταν σε όχι περισσότερο από το 2,5% της συνολικής καθαρής θέσης ενός επενδυτή. Τον Ιούνιο του 2021, ο Elon Musk ανακοίνωσε ότι η Tesla πιθανότατα θα δεχόταν ξανά πληρωμές με bitcoin όταν περισσότερο από το 50% της κατανάλωσης ενέργειας προερχόταν από ανανεώσιμες πηγές. Παράλληλα, το οικοσύστημα του Ethereum διευρυνόταν συνεχώς με την αγορά των NFT's να αποτελεί κινητήριο μοχλό. Το Chainlink ανακοίνωσε συνεργασίες με αρκετούς σημαντικούς οργανισμούς, όπως η Google, η Oracle και η SWIFT. Ένα χρόνο μετά την αρχή της πανδημίας, η αγορά κρυπτονομισμάτων γνώρισε σημαντική ανάπτυξη, με την αξία του Bitcoin να αυξάνεται περισσότερο από 900% από περίπου 7.300 δολάρια σε πάνω από 69.000 δολάρια. Άλλα μεγάλα κρυπτονομίσματα όπως το Ethereum και πολλά DeFi, είχαν ακόμα μεγαλύτερες αυξήσεις. Όλα μοιάζαν ιδανικά, η αγορά βρισκόταν στην κορύφωση της και όλο και περισσότεροι άνθρωποι μαθαίνουν για τον κλάδο. Αυτό που ακολούθησε όμως, ήταν μια τεράστια κατακόρυφη πτώση, δημιουργώντας το εξής ερώτημα : Ήταν αυτό το ξέφρενο ράλι μια φούσκα που έσκασε;

6.2 Η πτώση

Μία από τις πρώτες μελέτες για τις φυσαλίδες σε κρυπτονομίσματα διεξήχθη από τους Cheung (Cheung et al., 2015). Οι συγγραφείς εφάρμοσαν τη μέθοδο PSY στο Bitcoin και βρήκαν στοιχεία φυσαλίδων. Διαπίστωσαν επίσης ότι αυτές οι περιόδους φούσκας συνέπεσαν με σημαντικά γεγονότα που επηρέασαν την αγορά, όπως η κατάρρευση του χρηματιστηρίου Mt. Gox και η κυκλοφορία νέων ρυθμιστικών κατευθυντήριων γραμμών. Με γνώμονα αυτά τα ευρήματα, θα προσπαθήσουμε να αντικατοπτρίσουμε την εικόνα αυτή στο σήμερα. Το 2022, η παγκόσμια οικονομία κατέρρευσε εξαιτίας πολλών γεγονότων, συμπεριλαμβανομένων του πόλεμου στην Ουκρανία, του φόβου για

αύξηση του πληθωρισμού αλλά και τα υψηλότερα επιτόκια που κάνουν πιο ακριβό για τις επιχειρήσεις να δανείζονται χρήματα. Πιστεύεται πως αυτό έχει διαχυθεί και στην αγορά των κρυπτονομισμάτων. Παράλληλα, ένα ντόμινο αρνητικών ειδήσεων ήρθε να διαταράξει την αγορά και να δημιουργήσει τεράστιες αμφιβολίες και αναξιοπιστία στους μέχρι τότε υποστηρικτές της, με τα σημαντικότερα να αναλύονται σε αυτό το κεφάλαιο.

6.2.1 Η περίπτωση του Terra Luna



Διάγραμμα 14 : Η τιμή του LUNC την περίοδο 01-07-2019 – 01-07-2022. Δημιουργήθηκε μέσω Eviews.

Το LUNA είναι ένα κρυπτονόμισμα που αναπτύχθηκε ως fork του Blockchain Cosmos το 2019. Είναι το επίσημο token του δικτύου Terra, μιας αποκεντρωμένης πλατφόρμας χρηματοοικονομικής. Το TerraUSD (UST), ένα stablecoin που δημιουργήθηκε από το Terra Project, με την τότε κεφαλαιοποίηση στα 18 δις, έχασε την πρόσδεσή του στο δολάριο ΗΠΑ και κατέρρευσε το 2022. Το υποκείμενο πρωτόκολλο της Terra βασιζόταν σε ένα σύστημα δύο νομισμάτων που δεν υποστηρίζονταν πλήρως από παραδοσιακές εξασφαλίσεις, όπως το νόμισμα fiat ή ο χρυσός (Briola et al., 2023). Το UST ήταν ένα αλγοριθμικό stablecoin του οποίου η αξία ήταν συνδεδεμένη με διαφορετικά νομίσματα fiat, ενώ το Luna ήταν το αντίβαρο που χρησιμοποιήθηκε για τη μείωση της αστάθειας του. Το πρωτόκολλο LUNA-UST βασίστηκε σε μια ενότητα αγοράς που επέτρεπε σε εκείνους που κάνουν arbitrage να ανταλλάσσουν LUNA αξίας 1\$ για 1 UST και αντίστροφα, ανεξάρτητα από τις τιμές LUNA και UST. Το anchor, ένα πρωτόκολλο δανεισμού που χρησιμοποιείται από τους κατόχους UST, προσέλκυσε το 75% της κυκλοφορούσας προσφοράς UST και προσέφερε ετήσια ποσοστιαία απόδοση 20% για τους καταθέτες. Η κατάρρευση της Terra αποδόθηκε σε μια συντονισμένη επίθεση κατά την οποία οι παράγοντες της αγοράς χρησιμοποίησαν τα κεφάλαιά τους για να αποσταθεροποιήσουν το δεσμό του UST και να δημιουργήσουν κέρδη. Η επίθεση ξεκίνησε με τις ανοικτές πωλήσεις Bitcoin και συνεχίστηκε με μια επίθεση “συγκέντρωσης ρευστότητας” στο Curve-3pool, η οποία προκάλεσε την πρώτη αποσύνδεση του UST (Briola et al., 2023). Η Luna Foundation Guard (LFG) απάντησε εφαρμόζοντας ένα hard fork για την αποκατάσταση της στερέωσης του UST, αλλά η αγορά ανταποκρίθηκε αρνητικά και η αξία του LUNA συνέχισε να μειώνεται ασταμάτητα. Στις 13 Μαΐου 2022, η LFG ανακοίνωσε ότι το Terra Project θα διακοπεί και το Terra 2.0 ήρθε να πάρει τη θέση του στις 28 Μαΐου 2022 μετονομάζοντας το token σε LUNC (Luna Terra Classic). Το LUNA απέτυχε και προκάλεσε οικονομική ζημιά σε ορισμένα κεφάλαια και εφαρμογές που βασίστηκαν σε αυτό, καθώς και σε μεμονωμένους επενδυτές που έβαλαν τα χρήματά τους στο έργο.

6.2.2 Η περίπτωση του Celsius

Η Celsius είναι μια εταιρεία που λειτουργεί μια πλατφόρμα δανεισμού κρυπτονομισμάτων. Κάποια στιγμή, είχε 1,7 εκατομμύρια χρήστες και 11,7 δισεκατομμύρια δολάρια σε περιουσιακά στοιχεία υπό διαχείριση και είχε κάνει πάνω από 8 δισεκατομμύρια δολάρια σε δάνεια. Η εταιρεία πρόσφερε υψηλές ετήσιες ποσοστιαίες αποδόσεις σε καταθέσεις κρυπτονομισμάτων, αλλά τον Ιούνιο του 2021, πάγωσε τα περιουσιακά στοιχεία των χρηστών και σταμάτησε να επιτρέπει αναλήψεις, ανταλλαγές και μεταφορές μεταξύ λογαριασμών λόγω ακραίων συνθηκών της αγοράς. Η εταιρεία αργότερα αποκάλυψε ότι είχε μόνο 167 εκατομμύρια δολάρια σε μετρητά για να υποστηρίξει τις δραστηριότητες κατά τη διαδικασία αναδιάρθρωσής της. Η Celsius έχει αντιμετωπίσει προηγούμενες διαμάχες, όπως μήνυση από τις πολιτείες της Αλαμπάμα, του Νιου Τζέρσεϋ και του Τέξας για φερόμενη πώληση μη εγγεγραμμένων τίτλων στους χρήστες της και της πίεσης από τις ρυθμιστικές αρχές να σταματήσουν να προσφέρουν έντοκους λογαριασμούς σε μη διαπιστευμένους επενδυτές. Τελικά, υπέβαλε αίτηση πτώχευσης, κάτι που συνέβη λίγο καιρό μετά και για τη Voyager.

6.2.3 Η περίπτωση του FTX

Το FTX είναι ένα ανενεργό πλέον ανταλλακτήριο κρυπτονομισμάτων που γνώρισε κατάρρευση λόγω έλλειψης ρευστότητας και κακής διαχείρισης κεφαλαίων, που οδήγησε σε μεγάλο όγκο αναλήψεων από επενδυτές. Ο Διευθύνων Σύμβουλος της ανταγωνιστικής εταιρείας Binance, Changpeng Zhao, έκανε συμφωνία για την απόκτηση του της FTX εκτός ΗΠΑ, αλλά αργότερα αποσύρθηκε από τη συμφωνία λόγω ανησυχιών για τη ρευστότητα της FTX και αναφορών για κακή διαχείριση κεφαλαίων πελατών και υποτιθέμενων ερευνών από αμερικανικές υπηρεσίες. Στις 11 Νοεμβρίου, η FTX υπέβαλε αίτηση πτώχευσης και στη συνέχεια τα πορτοφόλια της παραβιάστηκαν, με περισσότερα από 600 εκατομμύρια δολάρια να αποστραγγίζονται από αυτά. Το FTX.US πάγωσε επίσης προσωρινά τις αναλήψεις. Η βιομηχανία κρυπτονομισμάτων έχει μια ιστορία προσπαθειών να αποδείξει την αξιοπιστία της σε ρυθμιστικές αρχές, επενδυτές και στο ευρύ κοινό. Η πρόσφατη κατάρρευση του FTX, έχει προκαλέσει έρευνες από το Υπουργείο Δικαιοσύνης της Αμερικής και την Επιτροπή Κεφαλαιαγοράς για το εάν χρησιμοποίησε ακατάλληλα κεφάλαια πελατών για να υποστηρίξει την Alameda Research, μια εμπορική εταιρεία του Sam Bankman-Fried, ιδρυτή του ίδιου του FTX. Αυτές οι έρευνες ενδέχεται να αμφισβητήσουν περαιτέρω τις προσπάθειες του κλάδου να αποδείξει την αξιοπιστία του.



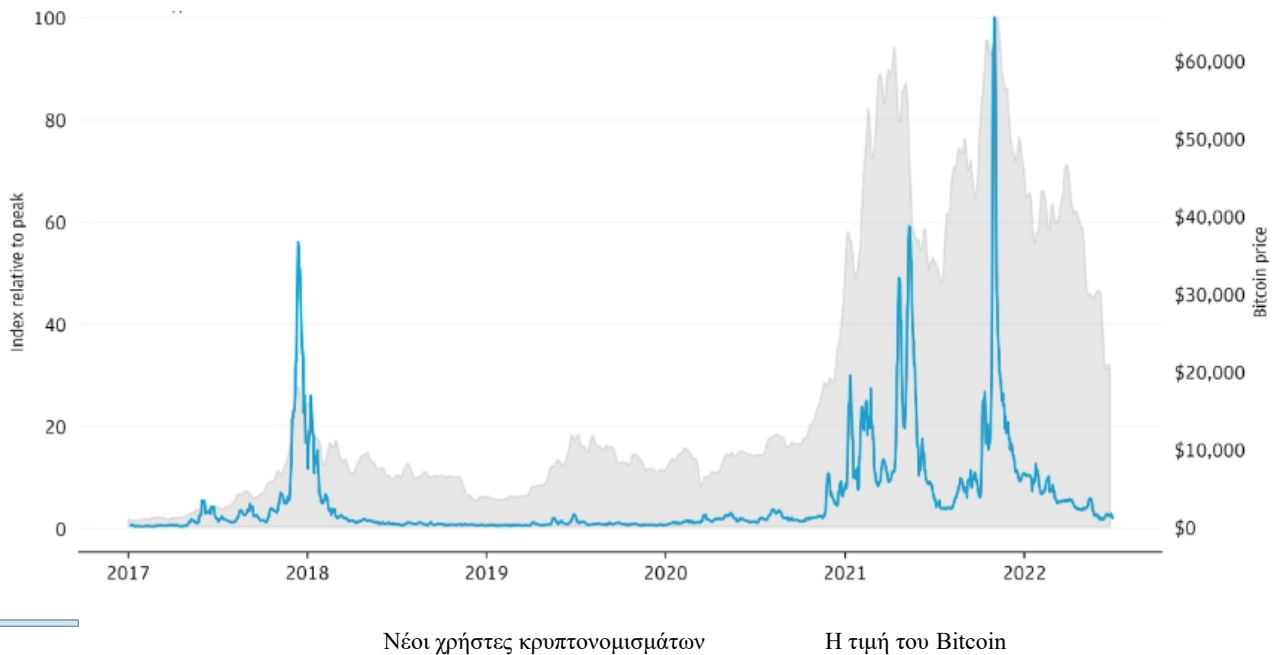
Διάγραμμα 15 : Η επίδραση των αρνητικών γεγονότων του 2022 στη συνολική αγορά των κρυπτονομισμάτων. Πηγή : Coinmarketcap.com σε συνδυασμό με επεξεργασία.

6.3 Συμπεριφορική προσέγγιση της φούσκας των κρυπτονομισμάτων

Οι ακαδημαϊκοί προσπάθησαν να εντοπίσουν τους παράγοντες που συμβάλλουν στο σχηματισμό κερδοσκοπικών φυσαλίδων, αλλά δεν έχει αναπτυχθεί ακόμη ευρέως αποδεκτή θεωρία. Ορισμένες πιθανές οικονομικές συνθήκες που μπορεί να οδηγήσουν σε φούσκες περιλαμβάνουν την υπερβολική μόχλευση, τις συναλλαγές εμπιστευτικών πληροφοριών και την υπερβολική νομισματική ρευστότητα στο χρηματοπιστωτικό σύστημα. Στον τομέα της συμπεριφορικής χρηματοδότησης, οι ερευνητές έχουν μελετήσει επίσης ψυχολογικές προκαταλήψεις που μπορεί να συμβάλλουν στο σχηματισμό φυσαλίδων. Αυτές οι προκαταλήψεις μπορεί να αναγκάσουν τους επενδυτές να λάβουν παράλογες αποφάσεις, οδηγώντας σε υπερπροσφορές και σε αποπληθωρισμό των τιμών των περιουσιακών στοιχείων. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι η εγκυρότητα αυτών των θεωριών δεν έχει τεκμηριωθεί πλήρως μέσω εμπειρικών μελετών.

- Το φαινόμενο FOMO – Fear Of Missing Out είναι μια μορφή κοινωνικού άγχους που χαρακτηρίζεται από μια συνεχή επιθυμία συμμετοχής σε δραστηριότητες και εμπειρίες στις οποίες συμμετέχουν άλλοι. Στο πλαίσιο μιας κερδοσκοπικής φούσκας, το FOMO μπορεί να προκληθεί από ιστορίες ανθρώπων που γίνονται πλούσιοι μέσω της επένδυσης σε ένα συγκεκριμένο περιουσιακό στοιχείο, οδηγώντας περισσότερους ανθρώπους να ακολουθήσουν σε μια προσπάθεια να επιτύχουν παρόμοια κέρδη. Αυτό μπορεί να ωθήσει τα άτομα να λάβουν παρορμητικές επενδυτικές αποφάσεις. Το 2020, το Dogecoin είδε μια απότομη αύξηση μετά από ένα απλό post του Elon Musk στο twitter κι μέσα σε λίγες εβδομάδες, το κρυπτονόμισμα απέκτησε φανατικούς οπαδούς, οι οποίοι επένδυναν μόνο και μόνο με το φόβο ότι δε θα προλάβουν την κατά τα άλλα εντελώς αδικαιολόγητη άνοδο της τιμής του. Ένα άλλο παράδειγμα αποτελεί το αποκεντρωμένο πρωτόκολλο Loopring (Wang et al., 2018), όπου το νοέμβριο του 2021 φημολογήθηκε ότι η εταιρεία GameStop μπορεί να συνεργαστεί μαζί του και μια τέτοια είδηση σε συνδυασμό με την πιθανότητα να αποτελέσει και ενεργό παίκτη στο νέο και καυτό κόσμο του metaverse, έκανε την τιμή του να αυξηθεί κατά 620% μέσα σε λίγες μέρες, δημιουργώντας βάσιμες υποψίες για ύπαρξη φούσκας.

- Συμπεριφορά αγέλης – Herding Behavior παρατηρείται όταν ένας επενδυτής υποθέτει ότι η πλειοψηφία δεν μπορεί να είναι λάθος και, ως αποτέλεσμα, αγοράζει και πουλά περιουσιακά στοιχεία προς την κατεύθυνση των τάσεων της αγοράς. Ορισμένοι μελετητές πιστεύουν ότι η γενική αστάθεια στην αγορά κρυπτονομισμάτων οφείλεται σε αυτή, κάτι που υποστηρίζεται από ορισμένα στοιχεία, κυρίως πριν από την πανδημία (Bouri et al., 2019). Η συμπεριφορά αυτή είναι ιδιαίτερα πιθανή λόγω της διάσπαρτης φύσης πολλών από τις πληροφορίες που απαιτούνται για τη σωστή τιμολόγηση και της έλλειψης ρύθμισης στην αγορά αυτή. Πιο συγκεκριμένα, κατά την πανδημία του COVID-19, οι επενδυτές τείνουν να επηρεάζονται από άλλες πηγές ανεξάρτητα από τη δική τους ανάλυση, η οποία πιθανώς εντείνεται από την ποσότητα των ειδήσεων που σχετίζονται με αυτήν την πανδημία. Κατά συνέπεια, μπορεί κανείς να αναμένει μια σημαντική σχέση μεταξύ της συμπεριφοράς της αγέλης και της κάλυψης των μέσων ενημέρωσης στην αγορά κρυπτονομισμάτων, κυρίως κατά τη διάρκεια της κρίσης της πανδημίας COVID-19 (Youssef and Waked, 2022). Η JPMorgan Chase & Co δημοσίευσε νέα ευρήματα το 2022 που υποδεικνύουν ότι η ένταση της δραστηριότητας χρηματικών μεταφορών σε ορισμένα χρονικά σημεία, η οποία συσχετίζεται με τις κινήσεις των τιμών, υποδηλώνει συμπεριφορά αγέλης και αποτελεί ένα αξιοσημείωτο μερίδιο των συνολικών συναλλαγών των ατόμων με λογαριασμούς κρυπτονομισμάτων. Μέχρι τον Ιούνιο του 2022, το 15% των Αμερικανών είχε πραγματοποιήσει μεταφορές σε λογαριασμούς ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων. Οι επενδύσεις επηρέασαν άμεσα τους ισολογισμούς του νοικοκυριού, επισημαίνοντας την υψηλή μεταβλητότητα και την αβεβαιότητα της αγοράς ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων στον κλάδο.



Διάγραμμα 16 : Η εβδομαδιαία πορεία αλληλεπίδρασης νέων χρηστών με τις πλατφόρμες των κρυπτονομισμάτων σε σύγκριση με την τιμή του Bitcoin. (Chase)

- Η επιλεκτική κρίση των συμμετεχόντων στην αγορά τους κάνει να παραβλέπουν πληροφορίες που έρχονται σε σύγκρουση με τις πεποιθήσεις τους και να δίνουν σημασία μόνο σε πληροφορίες που υποστηρίζουν την άποψή τους. Ως αποτέλεσμα, οι επενδυτές ενδέχεται να λάβουν κακές αποφάσεις, όπως η ανάληψη αποφάσεων υπερβολικού ρίσκου, η αποτυχία διαφοροποίησης του χαρτοφυλακίου τους και η παράβλεψη των προειδοποιητικών ενδείξεων πιθανών προβλημάτων.
- Η θεωρία του μεγαλύτερου ανόητου υποδηλώνει ότι οι επενδυτές μπορούν να αγοράσουν υπερτιμημένα περιουσιακά στοιχεία, ακόμη και αν γνωρίζουν την υπερεκτίμηση, με την πρόθεση να τα πουλήσουν σε έναν «μεγαλύτερο ανόητο» σε ακόμη υψηλότερη τιμή. Ο επενδυτής που προσυπογράφει αυτή τη θεωρία πιστεύει ότι έχει τη δυνατότητα να προβλέψει πότε θα σκάσει η φούσκα. Παρά τη δημοτικότητα της θεωρίας αυτής, ποτέ δεν έχει γίνει πλήρως αποδεκτή μέσω μιας εμπειρικής μελέτης.

6.4 Η διαρκής ανάκαμψη

Οι οικονομολόγοι υποστηρίζουν ότι οι φούσκες είναι ένα φυσικό μέρος μιας λειτουργικής οικονομίας, καθώς μακροχρόνια μπορούν να αποδειχθούν ωφέλιμες. Η φούσκα dotcom οδήγησε στην μεγάλη εφαρμογή των οπτικών ινών και τη γέννηση ενός παγκόσμιου δικτύου με τεράστια χωρητικότητα. Αυτό οδήγησε σε οικονομική ανάπτυξη και μείωσε το κόστος διεθνών επικοινωνιών. Ομοίως, κατά τη διάρκεια της κατάρρευσης της μετοχής dotcom, οι τίτλοι της Amazon έχασαν το 90% της αξίας τους, αλλά τελικά ανέκαμψαν και είδαν σημαντική αύξηση της κεφαλαιοποίησης. Η φούσκα της Αμερικής αγοράς ακινήτων οδήγησε σε καινοτομίες στον κλάδο των στεγαστικών δανείων, όπως η ανάπτυξη νέων χρηματοπιστωτικών προϊόντων και η αυξημένη χρήση της τεχνολογίας στη διαδικασία δανεισμού, που έχουν κάνει τη απόκτηση στεγαστικού δανείου πιο αποτελεσματική και απλοποιημένη. Ομοίως, ο τομέας των κρυπτονομισμάτων αναπτύσσεται σταδιακά για σχεδόν 14 χρόνια, και παρόλο που το Bitcoin παρουσίασε απότομη πτώση της αξίας του αρκετές φορές, έκτοτε έχει αυξηθεί και έχει εδραιώσει τη θέση του στην παγκόσμια οικονομία.

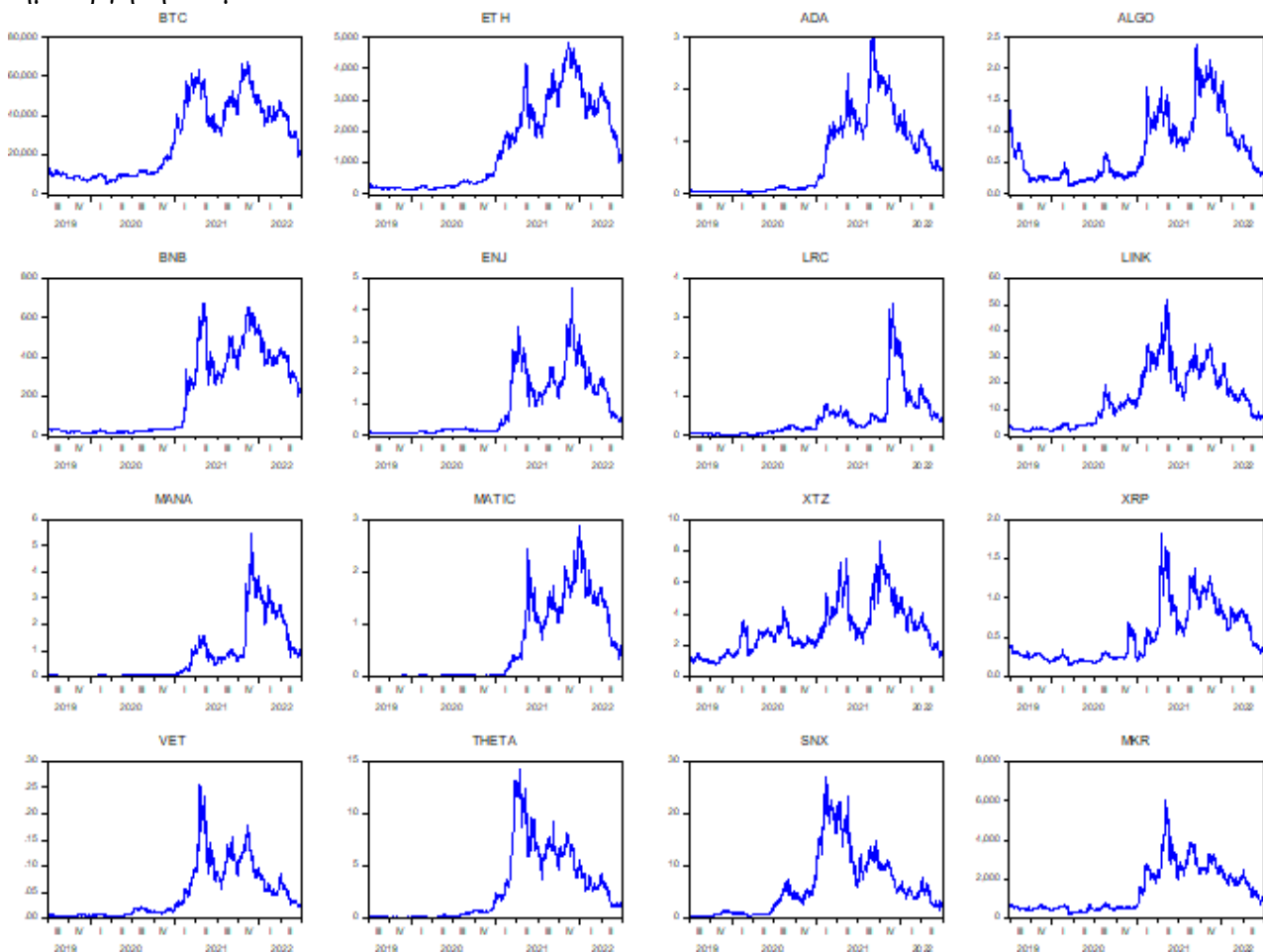
Το 2011, η τιμή του Bitcoin έφτασε στο μέγιστο των 30\$ για να πέσει στα 2\$ μέσα σε ένα χρόνο, οδηγώντας ειδικούς και επενδυτές να το δηλώσουν ως φούσκα που έσκασε. Το 2013, η τιμή του Bitcoin ήταν περίπου 13\$ και οι ειδικοί ισχυρίζονταν ότι το κρυπτονόμισμα δεν είχε πραγματική αξία και ότι ήταν πάλι μια φούσκα που έμελλε να σκάσει. Το hype που υπήρχε το 2013 το έκανε να αυξηθεί σε 260\$ και αργότερα έπεσε πάλι στα 60\$. Το 2017 το Bitcoin αυξάνεται από 1000\$ σε σχεδόν 20.000\$ και μετά έπεσε στα \$3000 περίπου. Ξανά, όλοι μιλάγαν για τη μεγαλύτερη φούσκα της σύγχρονης εποχής. Το 2021, παρά αυτές τις προβλέψεις, το Bitcoin συνέχισε να παρουσιάζει σταθερή ανάπτυξη με την πάροδο του χρόνου, φτάνοντας σε νέο ιστορικό υψηλό, το εντυπωσιακό 69.000\$.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η αγορά κρυπτονομισμάτων είναι αρκετά ασταθής και είναι δύσκολο να προβλεφθεί στο μέλλον, αλλά είναι επίσης σημαντικό ότι το Bitcoin και άλλα κρυπτονομίσματα έχουν δείξει ανθεκτικότητα και ικανότητα ανάκαμψης μετά από κάθε φούσκα. Η αγορά εξελίσσεται και ωριμάζει συνεχώς, με περισσότερους θεσμικούς επενδυτές να εισέρχονται στην αγορά και περισσότερες εταιρείες και κυβερνήσεις να διερευνούν τη χρήση της τεχνολογίας Blockchain.

7. ΕΡΕΥΝΑ

7.1 Στόχος της έρευνας

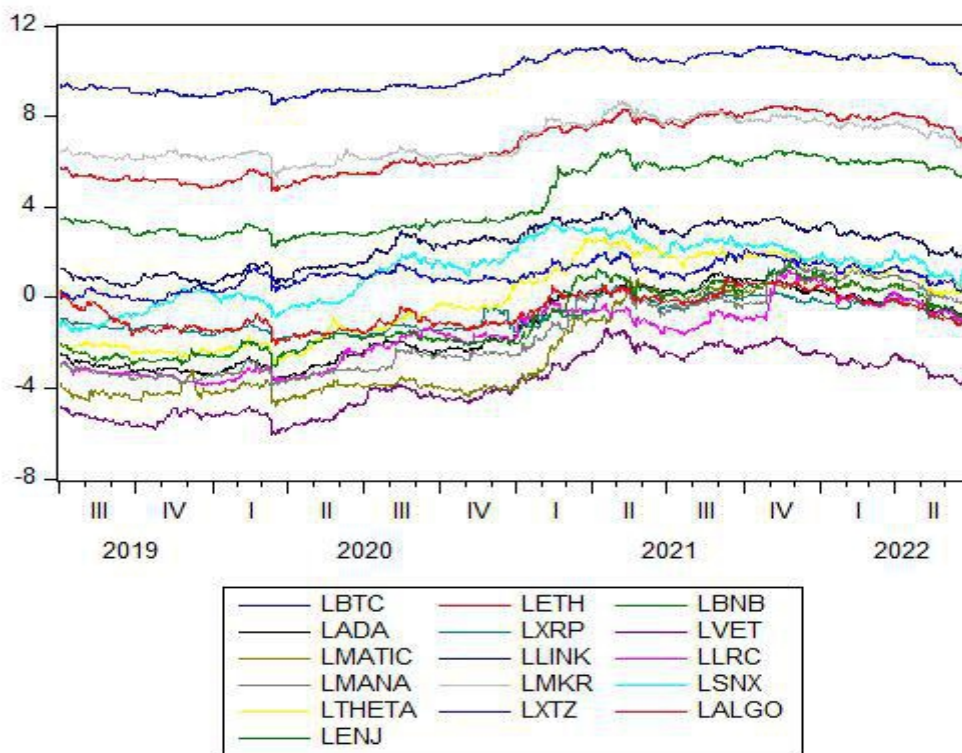
Η ανίχνευση φυσαλίδων συνεπάγεται τον καθορισμό πρώτα της θεμελιώδους αξίας ενός περιουσιακού στοιχείου (Cheung et al., 2015). Τα κρυπτονομίσματα όμως, δεν έχει καταφέρει κανείς μέχρι σήμερα να δώσει έναν ακριβή ορισμό ως προς το τι είναι, εμπόρευματα ή νομίσματα (Lo and wang, 2014). Η ταχεία ανάπτυξη τους και των ανταλλαγών στις οποίες διαπραγματεύονται έχει δημιουργήσει την ανάγκη για καλύτερη κατανόηση αυτών των προϊόντων (Fassas et al., 2020). Στόχος αυτής της έρευνας είναι να αποκτηθεί μια ολοκληρωμένη εικόνα της αγοράς των κρυπτονομισμάτων και του DeFi, εξετάζοντας τη συμπεριφορά τους λίγους μήνες πριν την έναρξη της πανδημίας μέχρι σήμερα. Θα πραγματοποιηθεί επίσης εμπειρική ανάλυση ενός δείγματος δεκαέξι κρυπτονομισμάτων και μέσω οικονομετρικών και στατιστικών δοκιμών, θα γίνει έλεγχος για πιθανές φούσκες στις τιμές τους αλλά και στο συνολικό δείγμα. Τα διαγράμματα δημιουργήθηκαν μέσω Eviews και Rstudio.



Διάγραμμα 17 : Οι τιμές των κρυπτονομισμάτων του δείγματος την περίοδο 01/07/2019 – 01/07/2022. Τα δεδομένα αντλήθηκαν από το Yahoo Finance με βάση τη διαθεσιμότητα, καθώς πολλά κρυπτονομίσματα εμφανίστηκαν μετά το 2020, όπου άρχισε ο κλάδος να γνωρίζει τεράστια άνθηση. Συμπεριλαμβάνοντας το Bitcoin (BTC) και το Ethereum (ETH), τα δύο μεγαλύτερα και πιο καθιερωμένα κρυπτονομίσματα, αναλύεται η βάση της αγοράς. Τα Binance Coin (BNB), Ripple (XRP), Cardano (ADA) και Algorand (ALGO) συγκαταλέγονται μεταξύ των κορυφαίων 20 μεγαλύτερων κρυπτονομισμάτων ανά κεφαλαιοποίηση αγοράς, παρέχοντας αντιπροσώπευση μερικών από τα μεγαλύτερα και πιο γνωστά έργα στον κλάδο. Επιπλέον, η συμπερίληψη νεότερων έργων όπως Polygon (MATIC), Chainlink (LINK), Theta (THETA), Tezos (XTZ), Decentraland (MANA), Synthetix (SNX), Maker (MKR), Enjin Coin (ENJ), το VeChain (VET) και το Loopring (LRC) παρέχουν πληροφορίες για τα νεότερα και αναδυόμενα έργα στον χώρο του DeFi. Όλα αυτά τα κρυπτονομίσματα χρησιμοποιούνται ενεργά σε διάφορα πρωτόκολλα και εφαρμογές αποκεντρωμένης χρηματοδότησης, παρέχοντας μια αναπαράσταση της καινοτομίας και της ανάπτυξης στο οικοσύστημα DeFi.

7.2 Σύγκριση δεδομένων

7.2.1 Συσχέτιση των κρυπτονομισμάτων



Διάγραμμα 18 : Οι λογαριθμικές τιμές των κρυπτονομισμάτων του δείγματος την περίοδο 01-07-2019 – 01-07-2022.

Το διάγραμμα 18 απεικονίζει την πορεία των λογαριθμικών τιμών των κρυπτονομισμάτων του δείγματος, οι οποίες είναι αρκετά παρόμοιες κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, όπως φαίνεται από τον ακόλουθο πίνακα συσχέτισης λογαριθμικών τους αποδόσεων, υποδεικνύοντας πως η αγορά κινείται συνολικά, με το μεγαλύτερο συντελεστή συσχέτισης να κατέχει το ζευγάρι BTC - ETH.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΩΝ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ ΤΩΝ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

#	RADA	RALGO	RBNB	RBTC	RENJ	RETH	RLINK	RLRC	RMANA	RMATIC	RMKR	RSNX	RTHETA	RVET	RXRP	RXTZ
RADA	1	0.64	0.66	0.68	0.58	0.75	0.7	0.59	0.53	0.62	0.61	0.55	0.57	0.72	0.61	0.67
RALGO	0.64	1	0.61	0.61	0.58	0.68	0.69	0.54	0.54	0.56	0.56	0.53	0.57	0.66	0.55	0.66
RBNB	0.66	0.61	1	0.71	0.57	0.74	0.66	0.56	0.55	0.63	0.62	0.52	0.55	0.65	0.59	0.66
RBTC	0.68	0.61	0.71	1	0.59	0.83	0.67	0.54	0.55	0.58	0.65	0.53	0.6	0.67	0.6	0.66
RENJ	0.58	0.58	0.57	0.59	1	0.64	0.59	0.52	0.69	0.55	0.52	0.48	0.59	0.64	0.52	0.6
RETH	0.75	0.68	0.74	0.83	0.64	1	0.77	0.64	0.57	0.64	0.75	0.62	0.6	0.75	0.65	0.72
RLINK	0.7	0.69	0.66	0.67	0.59	0.77	1	0.58	0.56	0.6	0.63	0.59	0.58	0.72	0.61	0.73
RLRC	0.59	0.54	0.56	0.54	0.52	0.64	0.58	1	0.48	0.5	0.51	0.51	0.47	0.58	0.49	0.56
RMANA	0.53	0.54	0.55	0.55	0.69	0.57	0.56	0.48	1	0.47	0.47	0.42	0.52	0.56	0.49	0.55
RMATIC	0.62	0.56	0.63	0.58	0.55	0.64	0.6	0.5	0.47	1	0.55	0.49	0.51	0.6	0.51	0.58
RMKR	0.61	0.56	0.62	0.65	0.52	0.75	0.63	0.51	0.47	0.55	1	0.54	0.49	0.59	0.53	0.6
RSNX	0.55	0.53	0.52	0.53	0.48	0.62	0.59	0.51	0.42	0.49	0.54	1	0.49	0.55	0.47	0.57
RTHETA	0.57	0.57	0.55	0.6	0.59	0.6	0.58	0.47	0.52	0.51	0.49	0.49	1	0.6	0.47	0.57
RVET	0.72	0.66	0.65	0.67	0.64	0.75	0.72	0.58	0.56	0.6	0.59	0.55	0.6	1	0.6	0.7
RXRP	0.61	0.55	0.59	0.6	0.52	0.65	0.61	0.49	0.49	0.51	0.53	0.47	0.47	0.6	1	0.61
RXTZ	0.67	0.66	0.66	0.66	0.6	0.72	0.73	0.56	0.55	0.58	0.6	0.57	0.57	0.7	0.61	1

7.2.2 Έλεγχος συνολοκλήρωσης Johansen

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 : ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Sample (adjusted): 7/06/2019 7/01/2022				
Included observations: 1092 after adjustments				
Trend assumption: Linear deterministic trend				
Series: LBTC LETH LBNB LADA LXRP LVET LMATIC LUNK LLRC LMANA LMKR LSNX LTHETA LXTZ LALGO LENJ				
Lags interval (in first differences): 1 to 4				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)				
Hypothesized		Trace	0.05	
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Prob. ^{aa}
None	0.090505	618.2027	NA	NA
At most 1	0.083546	514.6089	NA	NA
At most 2	0.074038	419.3395	NA	NA
At most 3	0.052772	335.3401	NA	NA
At most 4	0.049088	276.1364	334.9837	0.8593
At most 5	0.036527	221.1716	285.1425	0.9483
At most 6	0.032514	180.5376	239.2354	0.9513
At most 7	0.025781	144.4422	197.3709	0.9508
At most 8	0.025312	115.9195	159.5297	0.9135
At most 9	0.019853	87.92254	125.6154	0.9031
At most 10	0.016515	66.02453	95.75366	0.8400
At most 11	0.015724	47.83913	69.81889	0.7283
At most 12	0.010112	30.53156	47.85613	0.6915
At most 13	0.007965	19.43339	29.79707	0.4621
At most 14	0.007032	10.70071	15.49471	0.2306
At most 15	0.002738	2.994362	3.841466	0.0836
^{aa} MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)				
Hypothesized		Max-Eigen	0.05	
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Prob. ^{aa}
None	0.090505	103.5938	NA	NA
At most 1	0.083546	95.26943	NA	NA
At most 2	0.074038	83.99938	NA	NA
At most 3	0.052772	59.20375	NA	NA
At most 4	0.049088	54.96473	76.57843	0.8501
At most 5	0.036527	40.63403	70.53513	0.9965
At most 6	0.032514	36.09542	64.50472	0.9956
At most 7	0.025781	28.52264	58.43354	0.9995
At most 8	0.025312	27.99698	52.36261	0.9881
At most 9	0.019853	21.89801	46.23142	0.9955
At most 10	0.016515	18.18540	40.07757	0.9911
At most 11	0.015724	17.30757	33.87687	0.9094
At most 12	0.010112	11.09817	27.58434	0.9629
At most 13	0.007965	8.732685	21.13162	0.8534
At most 14	0.007032	7.706347	14.26460	0.4093
At most 15	0.002738	2.994362	3.841466	0.0836
^{aa} MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				

Η ύπαρξη συνολοκλήρωσης αποκλείει την ύπαρξη φούσκας τιμών, σύμφωνα με τους Diba και Grossman (Diba and Grossman, 1988). Ελέγχεται εάν υπάρχει συνολοκλήρωση ανάμεσα σε μία ή περισσότερες παραμέτρους με τον έλεγχο του Johansen. Εφαρμόζονται δύο τεστ σύμφωνα με τον έλεγχο αυτό : Το στατιστικό για το ίχνος (trace test) και το στατιστικό για τη μέγιστη ιδιοτιμή (maximum eigenvalue). Η μηδενική υπόθεση διατυπώνει ότι υπάρχουν μηδέν σχέσεις

συνολοκλήρωσης και η εναλλακτική της ότι έχουμε μία σχέση συνολοκλήρωσης. Η μηδενική υπόθεση θα γίνει δεκτή, εάν η τιμή p-value είναι μεγαλύτερη από το α του επιπέδου σημαντικότητας. Μέσω Enviews, προέκυψε ο πίνακας 3, από τον οποίο συμπεραίνουμε πως δεν υπάρχει συνολοκλήρωση. Άρα, δεν αποκλείονται οι πιθανότητες ύπαρξης φυσαλίδων. Να σημειωθεί πως, η συνολοκλήρωση μετρά την παρουσία μιας μακροχρόνιας σχέσης ισορροπίας μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών. Αν και μια υψηλή συσχέτιση μπορεί να υποδηλώνει ότι δύο μεταβλητές κινούνται μαζί, δεν σημαίνει απαραίτητα ότι είναι συνολοκληρωμένες, δηλαδή ότι μοιράζονται μια κοινή τάση. Μπορεί η απόκλιση που προκαλείται από τις πιθανές φυσαλίδες να είναι μόνο προσωρινή και να μην επηρεάζει τη μακροπρόθεσμη σχέση ισορροπίας μεταξύ των χρονοσειρών και γι' αυτό η σειρά είναι σε μεγάλο βαθμό συσχετισμένη αλλά όχι συνολοκληρωμένη.

7.3 Περιγραφικά στατιστικά

Η χρήση των λογαριθμικών αποδόσεων των τιμών μιας χρονοσειράς προτιμάται συχνά από τη χρήση των απλών τιμών για διάφορους λόγους. Είναι λιγότερο ευαίσθητες στην κλίμακα των δεδομένων, κάτι που είναι χρήσιμο για τον εντοπισμό τάσεων και προτύπων στα δεδομένα. Οι λογαριθμικές αποδόσεις τιμών κατανέμονται συχνά πιο κανονικά από τις μη επεξεργασμένες αποδόσεις τιμών, κάτι που είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν αναλύονται τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία μιας χρονοσειράς, καθώς πολλά στατιστικά τεστ και τεχνικές βασίζονται στην υπόθεση της κανονικότητας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4 : ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

	RSP500	RGOLD	RBTC	RETH	RBNB	RADA	RXRP	RMATIC	RLINK
Mean	0,000231	0,000347	0,000547	0,001171	0,001717	0,001529	-0,000237	0,002770	0,000479
Median	0,001152	0,000777	0,001098	0,002029	0,001096	0,001498	0,000368	-0,000155	0,001601
Std. dev.	0,015280	0,010787	0,039509	0,050794	0,056538	0,059125	0,061637	0,083085	0,065837
Skewness	-0,956852	-0,353775	-1,489045	-1,455639	-0,245356	-0,330931	-0,161265	-0,447737	-1,008817
Kurtosis	16,73179	7,463015	21,96292	18,24355	22,07530	9,818225	18,28655	16,17481	12,78153
Jarque-Bera	6023029	639,7995	16826,41	10998,42	16627,60	2142965	10676,07	7963237	4555209
Probability	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Sum	-0,173985	0,261151	0,599256	1,283453	1,881291	1,676296	-0,260110	3,035759	0,524617
SumSqDev.	0,175336	0,087384	1709232	2,825142	3,500162	3,827824	4,160051	7,558965	4,746240
Obs	752	752	1096	1096	1096	1096	1096	1096	1096
	RVET	RALGO	RTHETA	RXTZ	RMKR	RSNX	RLRC	RMANA	RENJ
Mean	0,000921	-0,001359	0,002086	0,000366	0,000330	0,001890	0,001744	0,002596	0,001200
Median	0,000623	-0,00465	0,002959	0,001279	-6,98E-06	0,001159	0,000564	0,001282	0,000666
Std. dev.	0,069772	0,070392	0,071508	0,065860	0,064436	0,077301	0,081146	0,079425	0,074667
Skewness	-0,688603	-0,582007	-0,841295	-0,900843	-0,986820	-0,205859	0,572771	1,418483	-0,076167
Kurtosis	10,66031	12,82361	11,00629	12,84299	31,83068	7,219747	10,63493	26,23923	12,33715
Jarque-Bera	2766350	4468856	3056553	4572631	38136,39	820,8937	2721938	25030,36	3982390
Probability	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Sum	1009897	-1,489417	2,285716	0,401377	0,361626	2,071109	1,911667	2,845636	1,315689
SumSqDev.	5,330544	5,425833	5,599204	4,749570	4,546448	6,543064	7,210230	6,907620	6,104835
Obs	1096	1096	1096	1096	1096	1096	1096	1096	1096

Ξεκινώντας από το μεγαλύτερο σε κεφαλαιοποίηση νόμισμα, το BTC την εξεταζόμενη περίοδο παρουσιάζει μέση ημερήσια απόδοση 0.059%, περίπου δύομιση φορές μεγαλύτερη του δείκτη S&P 500, έχοντας κίνδυνο 3,9%. Αντίστοιχα, το ETH έχει ημερήσια μέση απόδοση 0,11% με ένα κίνδυνο της τάξης του 5%. Παρόμοια περιγραφή μπορεί να γίνει σε κάθε νόμισμα. Ο χρυσός με κίνδυνο 1%, ο οποίος είναι κι ο μικρότερος του δείγματος μας, αποτελεί την ασφαλέστερη επένδυση. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος της τάξης του 8,3% φαίνεται να βρίσκεται στο MATIC, το

οποίο ωστόσο κατέχει και τη μεγαλύτερη μέση ημερήσια απόδοση 0,27%. Το MANA και το LRC έχουν την υψηλότερη λοξότητα, η οποία είναι και μεγαλύτερη από τη μέση ημερήσια απόδοση τους, κάνοντας τα τις πιο ελκυστικές επιλογές για τον επενδυτή. Όλα τα στοιχεία του δείγματος το καθιστούν την κατανομή λεπτόκυρτη. Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, τα κρυπτονομίσματα ενέχουν σαφώς μεγαλύτερο ρίσκο σαν επένδυση από το χρυσό ή έναν χρηματιστηριακό δείκτη.

7.4 Αποτελέσματα ελέγχου GSADF

Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της δοκιμής Recursive Augmented Dickey-Fuller που πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το πακέτο Exuber στο Rstudio (Vasilopoulos et al., n.d.). Το πακέτο Exuber, παρέχει μια φιλική προς το χρήστη διεπαφή για την υλοποίηση στατιστικών δοκιμών στο Rstudio. Για τη διεξαγωγή της δοκιμής αναδρομικής μοναδιαίας ρίζας, είναι απαραίτητο να καθοριστεί το ελάχιστο μέγεθος παραθύρου r_0 και το μήκος αυτοπαλινδρομικής υστέρησης k . Το ελάχιστο μέγεθος παραθύρου οφείλει να έχει μεγάλο μέγεθος ώστε να επιτρέπει την αρχική εκτίμηση, αλλά όχι τόσο μεγάλο ώστε να χάνονται σύντομα επεισόδια έξαρσης. Οι Phillips, Shi και Yu συνιστούν να ορίσσει το ελάχιστο μέγεθος παραθύρου σύμφωνα με τον εμπειρικό κανόνα: $r_0 = 0,01 + 1,8/\sqrt{T}$, όπου T είναι το μέγεθος του δείγματος. Κατά την επιλογή της τιμής του k , τα στοιχεία προσομοίωσης υποδηλώνουν ότι η χρήση μιας μικρής σταθερής τιμής, όπως το 0 ή το 1, είναι αποτελεσματική για τις προτεινόμενες μεθόδους μοναδιαίας ρίζας δεξιού μέρους. Ωστόσο, η χρήση κριτηρίων πληροφοριών για την επιλογή του μήκους υστέρησης μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές παραμορφώσεις μεγέθους. Για τον προσδιορισμό των κρίσιμων τιμών για τις στατιστικές δοκιμής $SADF$, $GSADF$ και $BSADF$, είναι απαραίτητο να ληφθούν οι μη τυπικές κατανομές ορίων αυτών των στατιστικών, οι οποίες εξαρτώνται από το ελάχιστο μέγεθος παραθύρου. Αυτές οι διανομές μπορούν να ληφθούν είτε μέσω προσομοιώσεων Monte Carlo είτε μέσω bootstrapping. Χρησιμοποιήθηκαν οι λογαριθμικές τιμές των χρονοσειρών καθώς βελτιώνουν την ακρίβεια και την ευρωστία της δοκιμής σταθεροποιώντας τη διακύμανση και τη μέση τιμή της χρονοσειράς, γεγονός που μπορεί να διευκολύνει τον εντοπισμό των υποκείμενων τάσεων και μοτίβων και να ενισχύσει την πιθανότητα στασιμότητας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5 : ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΩΝ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ $1,097 \times 17$

	BTC	ETH	BNB	XRP	ADA	MATIC	LINK	ALGO	VET	THETA	MKR	XTZ
	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
1	9.27	5.68	3.49	-0.899	-2.48	-3.81	1.28	0.298	-4.82	-2.14	6.43	-0.0839
2	9.29	5.68	3.47	-0.916	-2.51	-3.91	1.29	0.128	-4.88	-2.17	6.41	0.0124
3	9.39	5.71	3.49	-0.895	-2.49	-3.95	1.26	0.109	-4.86	-2.12	6.49	0.218
4	9.33	5.65	3.49	-0.945	-2.55	-4.01	1.25	0.0099	-4.92	-2.13	6.45	0.189
5	9.30	5.66	3.49	-0.970	-2.57	-4.01	1.29	0.119	-4.90	-2.13	6.49	0.248
6	9.32	5.66	3.48	-0.944	-2.56	-4.04	1.25	0.026	-4.90	-2.14	6.49	0.198
7	9.35	5.72	3.50	-0.924	-2.53	-4.04	1.20	0.065	-4.89	-2.12	6.55	0.180
8	9.42	5.75	3.51	-0.912	-2.52	-4.09	1.20	0.0514	-4.93	-2.15	6.56	0.203
9	9.44	5.73	3.49	-0.931	-2.55	-4.12	1.14	0.0442	-4.92	-2.12	6.60	0.200
10	9.41	5.67	3.45	-1.01	-2.63	-4.13	1.14	0.0296	-4.97	-2.12	6.55	0.165

... with 1,087 more rows, and 5 more variables: ENJ <dbl>, MANA <dbl>, SNX <dbl>, LRC <dbl>, date <date>

Στην οικονομετρική μας ανάλυση ορίσαμε το ελάχιστο μέγεθος παραθύρου ίσο με 36, το μήκος υστέρησης ίσο με 1 και την ελάχιστη διάρκεια ενός επεισοδίου πληθωρικότητας χρησιμοποιώντας τον κανόνα των Phillips, Shi και Yu. Εστιάζουμε πρώτα στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων ανά κρυπτονόμισμα και στη συνέχεια θα δοθεί μια συνολική εικόνα της πληθωρικότητας για το σύνολο των δεδομένων. Για λόγους απεικόνισης, θα επικεντρωθούμε σε τέσσερα από τα βασικότερα.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 6 : ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟ BITCOIN

BTC	T-Statistic	10.00%	5.00%	1.00%
ADF	-1.01	-0.47	-0.09	0.47
SADF	2.24	1.39	1.62	2.2
GSADF	4.03	2.33	2.58	3.13

ΠΙΝΑΚΑΣ 7 : ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΤΗΡΗΘΗΚΕ ΕΚΡΗΚΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΓΙΑ ΤΟ BITCOIN

BTC	ΕΝΑΡΞΗ	ΚΟΡΥΦΩΣΗ	ΤΕΛΟΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΣΗΜΑ
1	11/17/20	11/20/20	11/26/20	9	ΘΕΤΙΚΟ
2	12/25/20	01/08/21	01/21/21	27	ΘΕΤΙΚΟ
3	02/08/21	02/21/21	02/25/21	17	ΘΕΤΙΚΟ
4	03/08/21	03/13/21	03/22/21	14	ΘΕΤΙΚΟ

ΠΙΝΑΚΑΣ 8 : ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ETHEREUM

ETH	T-Statistic	10.00%	5.00%	1.00%
ADF	-0.85	-0.47	-0.09	0.47
SADF	1.86	1.39	1.62	2.2
GSADF	2.34	2.33	2.58	3.13

ΠΙΝΑΚΑΣ 9 : ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΤΗΡΗΘΗΚΕ ΕΚΡΗΚΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΓΙΑ ΤΟ ETHEREUM

ETH	ΕΝΑΡΞΗ	ΚΟΡΥΦΩΣΗ	ΤΕΛΟΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΣΗΜΑ
1	07/30/20	08/01/20	08/11/20	12	ΘΕΤΙΚΟ
2	02/08/21	02/19/21	02/22/21	14	ΘΕΤΙΚΟ
3	05/03/21	05/11/21	05/17/21	14	ΘΕΤΙΚΟ

ΠΙΝΑΚΑΣ 10 : ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟ MATIC

MATIC	T-Statistic	10.00%	5.00%	1.00%
ADF	-0.75	-0.47	-0.09	0.47
SADF	2.94	1.39	1.62	2.2
GSADF	3.94	2.33	2.58	3.13

ΠΙΝΑΚΑΣ 11 : ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΤΗΡΗΘΗΚΕ ΕΚΡΗΚΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΓΙΑ ΤΟ MATIC

MATIC	ΕΝΑΡΞΗ	ΚΟΡΥΦΩΣΗ	ΤΕΛΟΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΣΗΜΑ
1	02/08/21	03/11/21	04/07/21	58	ΘΕΤΙΚΟ
2	04/26/21	05/18/21	06/09/21	44	ΘΕΤΙΚΟ

ΠΙΝΑΚΑΣ 12 : ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟ LINK

LINK	T-Statistic	10.00%	5.00%	1.00%
ADF	-1.20	-0.47	-0.09	0.47
SADF	1.72	1.39	1.62	2.2
GSADF	3.71	2.33	2.58	3.13

ΠΙΝΑΚΑΣ 13 : ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΤΗΡΗΘΗΚΕ ΕΚΡΗΚΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΓΙΑ ΤΟ CHAINLINK

LINK	ΕΝΑΡΞΗ	ΚΟΡΥΦΩΣΗ	ΤΕΛΟΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΣΗΜΑ
1	08/08/20	08/15/20	08/18/20	10	ΘΕΤΙΚΟ

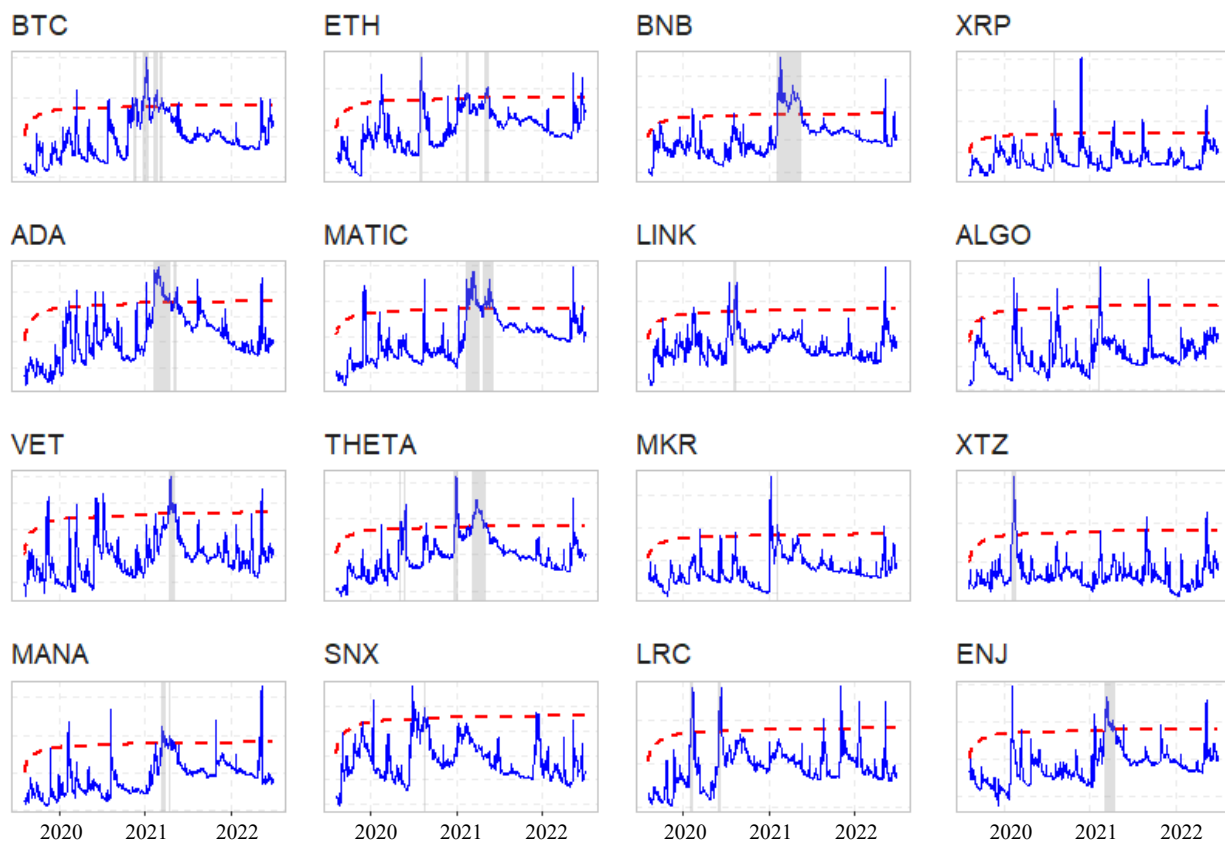
Τα κρυπτονομίσματα απορρίπτουν τη μηδενική υπόθεση σε επίπεδο σημαντικότητας 1%. Μια σύγκριση των στατιστικών δοκιμών SADF και GSADF με τις κρίσιμες τιμές τους υποδηλώνει ότι η μηδενική υπόθεση της μοναδιαίας ρίζας έναντι της εναλλακτικής της εκρηκτικής συμπεριφοράς απορρίπτεται στο όλα τα συμβατικά επίπεδα σημαντικότητας. Αντίθετα, η τυπική δοκιμή ADF αποτυγχάνει να απορρίψει τη μηδενική υπόθεση, κάτι που δείχνει τη χαμηλή ισχύ της. Έχοντας διαπιστώσει τη στατιστική σημασία των στατιστικών δοκιμών SADF και GSADF στο επίπεδο σημαντικότητας 5%, μπορούμε να στραφούμε στον εντοπισμό των επεισοδίων.

Με βάση την ανάλυσή που πραγματοποιήθηκε, φαίνεται ότι υπήρχαν φυσαλίδες και στα τέσσερα κρυπτονομίσματα κατά τη διάρκεια της πανδημίας, με το BTC να παρουσιάζει ένα επεισόδιο εκρηκτικής συμπεριφοράς διάρκειας 27 ημερών την περίοδο 25/12/2020 – 21/01/2021. Το MATIC ξεχωρίζει έχοντας δύο μεγάλα επεισόδια εκρηκτικότητας τα οποία διήρκησαν 58 και 44 μέρες, τις περιόδους 08/02/2021 – 07/04/2021 και 26/04/2021 – 18/05/2021 αντίστοιχα. Περνώντας σε ολόκληρο το σύνολο δεδομένων, ακολουθούν τα αποτελέσματα όλων των κρυπτονομισμάτων, όπως προκύπτουν από το Rstudio:

—Diagnostics (option = gsadf) — Monte Carlo —

BTC:	Rejects H0 at the 1% significance level
ETH:	Rejects H0 at the 1% significance level
BNB:	Rejects H0 at the 1% significance level
XRP:	Rejects H0 at the 1% significance level
ADA:	Rejects H0 at the 5% significance level
MATIC:	Rejects H0 at the 1% significance level
LINK:	Rejects H0 at the 1% significance level
ALGO:	Rejects H0 at the 1% significance level
VET:	Rejects H0 at the 5% significance level
THETA:	Rejects H0 at the 1% significance level
MKR:	Rejects H0 at the 1% significance level
XTZ:	Rejects H0 at the 1% significance level
MANA:	Rejects H0 at the 1% significance level
SNX:	Rejects H0 at the 5% significance level
LRC:	Rejects H0 at the 1% significance level
ENJ:	Rejects H0 at the 1% significance level

Παρακάτω αποτυπώνονται διαγραμματικά τα αποτελέσματα του ελέγχου για όλα τα κρυπτονομίσματα του δείγματος, όπου όταν τα στατιστικά στοιχεία του GSADF (μπλε γραμμή) διασχίζουν την κρίσιμη τιμή (κόκκινη γραμμή) θα μπορούσε να είναι είτε r_e , που σηματοδοτεί την έναρξη μιας φυσαλίδας και έχει κλίση προς τα πάνω, ή r_f , που σηματοδοτεί το τέλος μιας φυσαλίδας και έχει κλίση προς τα κάτω, και έχει αποτυπωθεί με σκιά. Παρατηρούνται σε όλα τα κρυπτονομίσματα περίοδοι εκρηκτικότητας.



Διάγραμμα 19 : Έλεγχος GSADF για τα κρυπτονομίσματα του δείγματος την περίοδο 01/07/2019 – 01/07/2022.

7.5 Αποτελέσματα ελέγχου Panel GSADF για ολόκληρη την αγορά των κρυπτονομισμάτων

Εξερευνούμε περαιτέρω αυτό το ζήτημα χρησιμοποιώντας την διαδικασία ελέγχου της αναδρομικής μοναδιαίας ρίζας συνολικού δείγματος. Αυτή η διαδικασία απαιτεί την συνολική εκτίμηση των στατιστικών στοιχείων GSADF και BSADF για όλο το δείγμα και τη δημιουργία των αντίστοιχων κρίσιμων τιμών.

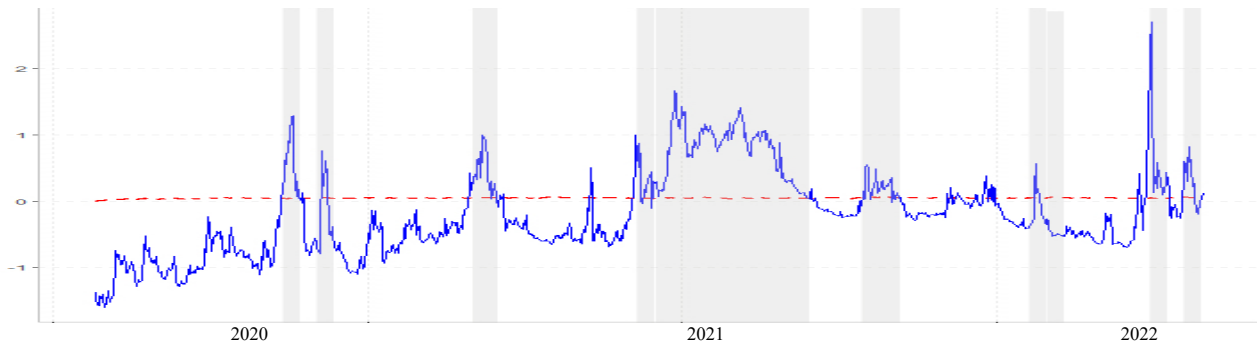
ΠΙΝΑΚΑΣ 14 : ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΟΛΟ ΤΟ ΔΕΙΓΜΑ

ΔΕΙΓΜΑ	T-Statistic	10.00%	5.00%	1.00%
GSADF_PANEL	2,70	0,78	0,20	0,27

ΠΙΝΑΚΑΣ 15 : ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΤΗΡΗΘΗΚΕ ΕΚΡΗΚΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΓΙΑ ΟΛΟ ΤΟ ΔΕΙΓΜΑ

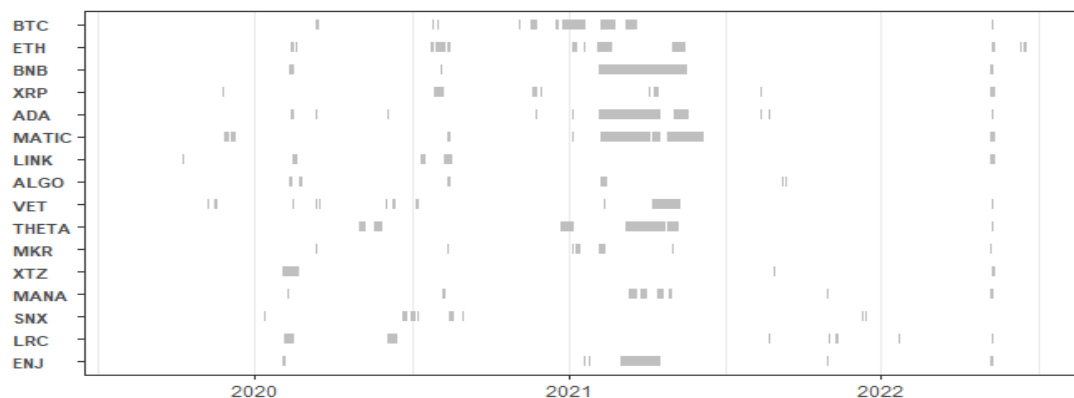
ΔΕΙΓΜΑ	ΕΝΑΡΞΗ	ΤΕΛΟΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ
1	02/04/20	02/20/20	16
2	03/12/20	03/19/20	7
3	07/31/20	08/21/20	21
4	01/03/21	01/11/21	8
5	01/13/21	01/21/21	8
6	01/22/21	06/20/21	149
7	08/19/21	09/07/21	19
8	05/07/22	05/30/22	23
9	06/11/22	06/23/22	12

Τα αποτελέσματα του πίνακα υποδεικνύουν ότι η μηδενική υπόθεση μιας μοναδιαίας ρίζας μπορεί να απορριφθεί σε όλα τα συμβατικά επίπεδα, παρέχοντας ισχυρές ενδείξεις υπέρ της εκρηκτικότητας του συνολικού δείγματος. Παρατηρούνται πολλές περιπτώσεις περιοδικής εκρηκτικότητας, με τη μεγαλύτερη να εντυπωσιάζει, κρατώντας 149 μέρες την περίοδο 22/01/2021 – 20/06/2021, σχεδόν μισό έτος.



Διάγραμμα 20 : Έλεγχος GSADF για όλο το δείγμα την περίοδο 01-07-2019 – 01-07-2022.

Το διάγραμμα 21 παρέχει ένα χρονολόγιο των περιόδων πληθωρικότητας που προσδιορίστηκαν για κάθε κρυπτονόμισμα. Μακράν, η πιο ενδιαφέρουσα παρατήρηση είναι η σχεδόν ταυτόχρονη εκρηκτικότητα στις αρχές του 2021, η οποία επιβεβαιώνει τα ευρήματα του ελέγχου GSADF στο συνολικό δείγμα. Το BNB φαίνεται να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη σε διάρκεια φούσκα, με το MATIC και το ADA να ακολουθούν. Καταλήγουμε στο γεγονός ότι η ολόκληρη η αγορά κρυπτονομισμάτων υπέστη πολλές περιπτώσεις φυσαλίδων κατά τη διάρκεια της πανδημίας.



Διάγραμμα 21 : Χρονολόγιο των περιόδων εκρηκτικότητας για τα κρυπτονομίσματα του δείγματος την περίοδο 01/07/2019 – 01/07/2022.

7.6 Ο έλεγχος GSADF ως εργαλείο πρόβλεψης μελλοντικών φυσαλίδων

Σε αυτό το κεφάλαιο, στόχος είναι να αξιολογηθεί την ικανότητα της δοκιμής GSADF να προβλέπει σωστά τη φούσκα πριν εκείνη σκάσει. Εξετάζοντας τη συμπεριφορά της αγοράς που οδηγεί στον σχηματισμό μιας φούσκας, μπορούμε να βγάλουμε τεκμηριωμένα συμπεράσματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα του ελέγχου GSADF και τις δυνατότητές του ως εργαλείου για την πρόβλεψη μελλοντικών φυσαλίδων στην αγορά.

Τα δεδομένα για κάθε κρυπτονόμισμα προσαρμόστηκαν έτσι ώστε να οι εξεταζόμενες περίοδοι να σταματάνε στο σημείο όπου ανιχνεύτηκε η υψηλότερη τιμή του στατιστικού GSADF στο δείγμα δοκιμής του προηγούμενου κεφαλαίου, όπου αντιπροσωπεύει θεωρητικά τη μεγαλύτερη φούσκα στη χρονοσειρά. Μετά την προσαρμογή των δεδομένων, πραγματοποιήθηκε μια δοκιμή GSADF σε κάθε κρυπτονόμισμα για να εξεταστεί αν μπορούσε να συλλάβει με επιτυχία τις φουσαλίδες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η δοκιμή ήταν σε θέση να ανιχνεύσει όλες τις φουσαλίδες με επιτυχία. Το BTC απορρίπτουν τη μηδενική υπόθεση σε επίπεδο σημαντικότητας **1%**.

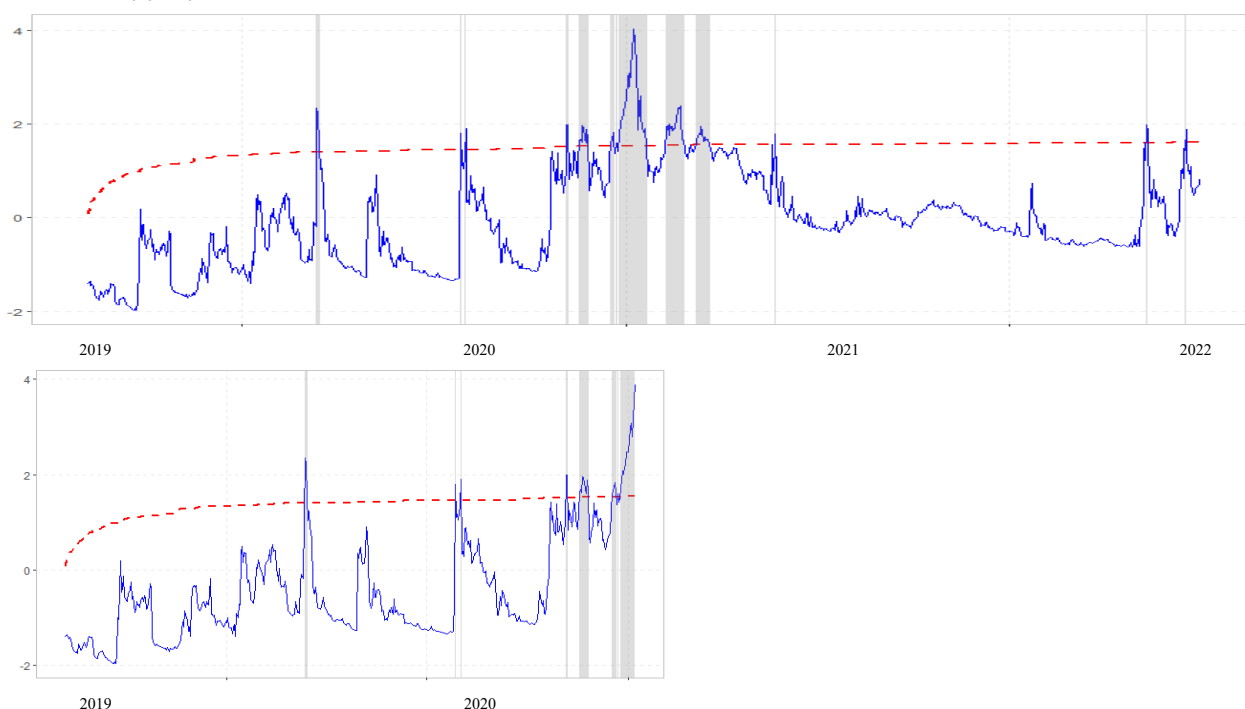
ΠΙΝΑΚΑΣ 16 : ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΤΕΣΣΕΡΑ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ

BTC	T-Statistic	10.00%	5.00%	1.00%
ADF	1.33	-0.468	-0.146	0.59
SADF	2.46	1.22	1.45	1.99
GSADF	4.03	1.92	2.18	2.75

ΠΙΝΑΚΑΣ 17 : ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΤΗΡΗΘΗΚΕ ΕΚΡΗΚΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΓΙΑ ΤΑ ΤΕΣΣΕΡΑ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΑ

BTC	ΕΝΑΡΞΗ	ΚΟΡΥΦΩΣΗ	ΤΕΛΟΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΣΗΜΑ
1	11/17/20	11/20/20	11/26/20	9	ΘΕΤΙΚΟ
2	12/25/20	01/07/21	01/07/21	14	ΘΕΤΙΚΟ

BITCOIN 2019 – 2022



Διάγραμμα 22 : Έλεγχος GSADF στο Bitcoin την περίοδο 01/07/2019 – 01/07/2022. σε σύγκριση με έλεγχο GSADF στο Bitcoin σε προσαρμοσμένη περίοδο.

Παρά το αποτέλεσμα, πρέπει να τονιστεί η σημασία της χρήσης πολλαπλών εργαλείων και μεθόδων για οποιαδήποτε είδους ανάλυση. Υπάρχουν πολλές τεχνικές και μέθοδοι για να κατανοηθεί πλήρως η δυναμική και η συμπεριφορά μιας αγοράς και θα πρέπει να αξιοποιούνται πλήρως, ώστε να αποκτάται μια σφαιρική εικόνα.

7.7 Μια ευρύτερη προσέγγιση του ελέγχου

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα επεκτείνουμε την προηγούμενη ανάλυσή μας πραγματοποιώντας μια δοκιμή GSADF στις του Bitcoin και του Ethereum από το 2014 και το 2015 αντίστοιχα. Οι χρονιές αυτές επιλέχθηκαν καθώς από τότε και μετά υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα. Αυτό είναι ένα κρίσιμο βήμα στην ανάλυσή μας, καθώς παρέχεται μια ολοκληρωμένη επισκόπηση της συνολικής συμπεριφοράς της αγοράς κρυπτονομισμάτων και της δυναμικής αυτού του ελέγχου.

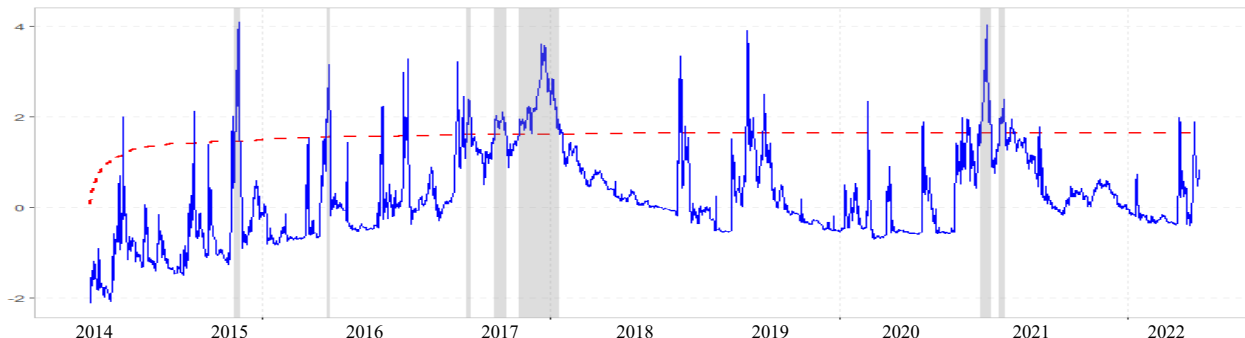
ΠΙΝΑΚΑΣ 18 : ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟ BTC ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2014 - 2022

BTC	T-Statistic	10.00%	5.00%	1.00%
ADF	-0.92	-0.47	-0.1	0.53
SADF	3.59	1.45	1.64	2.21
GSADF	4.1	2.69	2.93	3.51

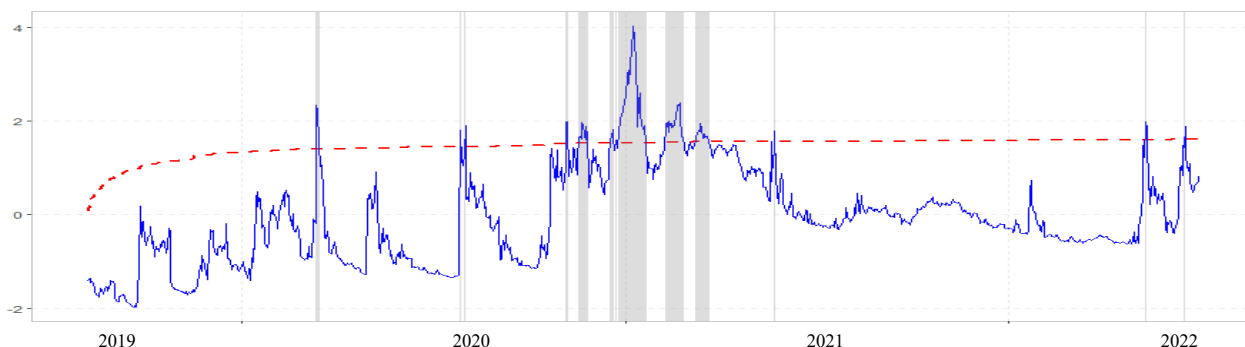
ΠΙΝΑΚΑΣ 19 : ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΤΗΡΗΘΗΚΕ ΕΚΡΗΚΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΓΙΑ ΤΟ BTC ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2014 - 2022

BTC	ΕΝΑΡΞΗ	ΚΟΡΥΦΩΣΗ	ΤΕΛΟΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΣΗΜΑ
1	10/24/15	11/03/15	11/06/15	13	ΘΕΤΙΚΟ
2	06/12/16	06/16/16	06/21/16	9	ΘΕΤΙΚΟ
3	06/01/17	06/06/17	06/14/17	13	ΘΕΤΙΚΟ
4	08/11/17	09/01/17	09/10/17	30	ΘΕΤΙΚΟ
5	10/12/17	12/07/17	01/23/18	103	ΘΕΤΙΚΟ
6	12/25/20	01/08/21	01/20/21	26	ΘΕΤΙΚΟ
7	02/08/21	02/21/21	02/25/21	17	ΘΕΤΙΚΟ

BITCOIN 2014 - 2022



BITCOIN 2019 - 2022



Διάγραμμα 23 : Έλεγχος GSADF για το κρυπτονόμισμα BTC την περίοδο 17-09-2014 – 01-07-2022 και 01-07-2019 – 01-07-2022.

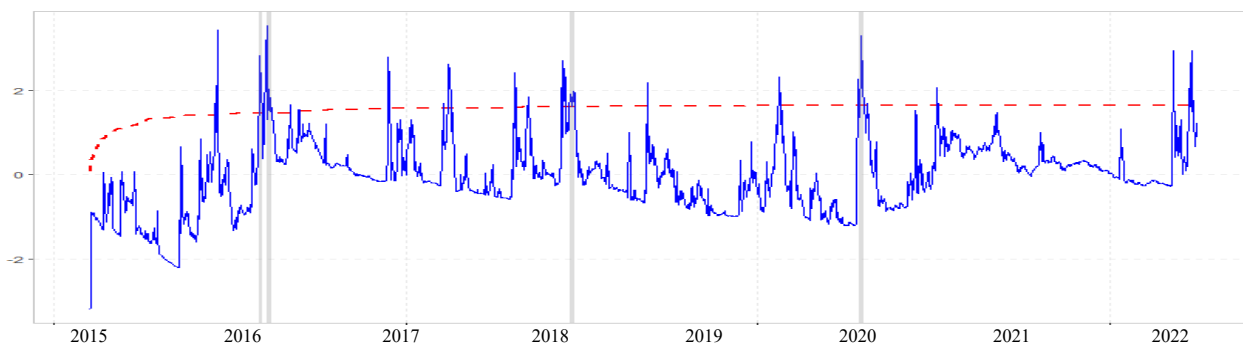
ΠΙΝΑΚΑΣ 20 : ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΗ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2015 - 2022

ΕΤΗ	T-Statistic	10.00%	5.00%	1.00%
ADF	-6,92	-0,39	-0,049	0.53
SADF	-3,16	1.45	1.64	2.21
GSADF	3.53	2,63	2,86	3,36

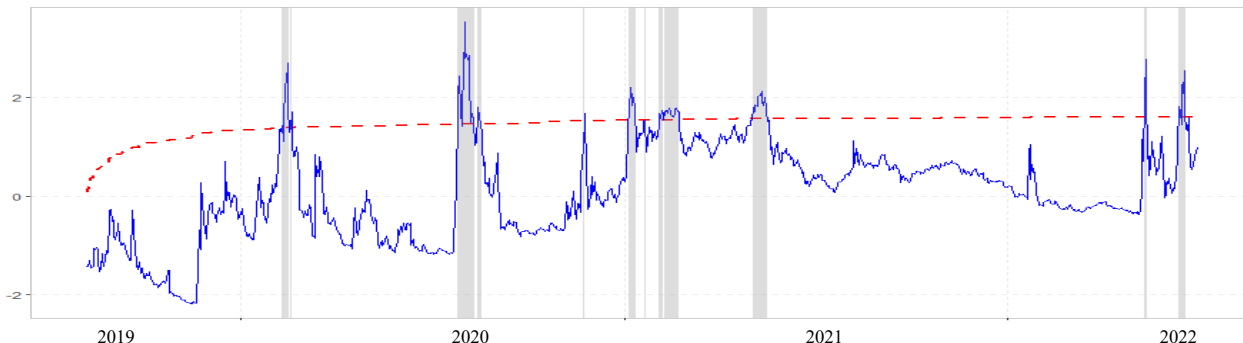
ΠΙΝΑΚΑΣ 21 : ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΤΗΡΗΘΗΚΕ ΕΚΡΗΚΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΗ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2015 - 2022

ΕΤΗ	ΕΝΑΡΞΗ	ΚΟΡΥΦΩΣΗ	ΤΕΛΟΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΣΗΜΑ
1	03/01/17	03/04/17	03/09/17	8	ΘΕΤΙΚΟ
2	03/20/17	03/20/17	03/28/17	8	ΘΕΤΙΚΟ
3	12/07/18	12/15/18	12/18/18	11	ΘΕΤΙΚΟ
4	07/31/20	08/02/20	08/08/20	8	ΘΕΤΙΚΟ

ETHEREUM 2015 - 2022



ETHEREUM 2019 - 2022



Διάγραμμα 24 : Έλεγχος GSADF για το κρυπτονόμισμα ETH τις περιόδους 07-08-2015 – 01-07-2022 και 01-07-2019 – 01-07-2022.

Η ανίχνευση φυσαλίδων σε δοκιμή GSADF μικρότερης περιόδου σε σύγκριση με αυτής της μεγαλύτερης περιόδου υπογραμμίζει τη δυναμική φύση της δοκιμής. Οι μικρότερες περίοδοι παρέχουν μια πιο εστιασμένη και λεπτομερή εικόνα της συμπεριφοράς της αγοράς, επιτρέποντας τον ακριβέστερο εντοπισμό πιθανών φυσαλίδων, όπως φαίνεται και στις δύο περιπτώσεις, αφού στον έλεγχο του μικρότερου δείγματος παρατηρήθηκαν περισσότερες φούσκες. Πιο αναλυτικά, στις 17/11/2020 και 08/03/2021 για το Bitcoin και στις 08/02/2021 και 03/05/2021 για το Ethereum δεν ανιχνεύθηκαν οι φούσκες στο μεγαλύτερο έλεγχο. Οι μεγαλύτερες περίοδοι στη δοκιμή GSADF όμως, παρέχουν μια ολοκληρωμένη επισκόπηση της συμπεριφοράς της αγοράς και επιτρέπουν μια πιο εις βάθος ανάλυση των μακροπρόθεσμων τάσεων και προτύπων.

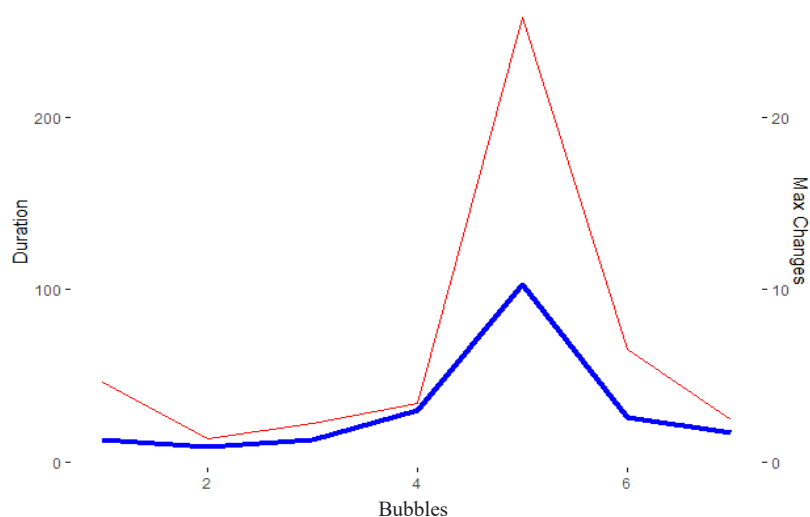
7.8 Ανάλυση των φυσαλίδων του Bitcoin

7.8.1 Διάρκεια και μέγεθος φούσκας

Στον έλεγχο που πραγματοποιήθηκε στο Bitcoin για την περίοδο 2014 – 2022 ανιχνεύθηκαν συνολικά 43 φούσκες. Ως μέγεθος, θεωρούμε την μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή του στατιστικού GSADF κατά τη διάρκεια κάθε φούσκας. Η ανάλυση αφορά τις φούσκες που ανιχνεύονται με τον κανόνα ελάχιστου παραθύρου των Phillips, Shi και Yu, που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 8 ημέρες και άνω.

ΠΙΝΑΚΑΣ 22 : ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΩΝ ΦΥΣΑΛΙΔΩΝ ΤΟΥ BITCOIN ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2014-2023

Φούσκες	1η	2η	3η	4η	5η	6η	7η	Συσχέτιση
Διάρκεια	13	9	13	30	103	26	17	0.97
Μέγεθος	46.12%	13.90%	22.85%	34.00%	257.95%	65.40%	24.95%	



Διάγραμμα 25 : Η διάρκεια και το μέγεθος των φυσαλίδων που ανιχνεύθηκαν στο Bitcoin την περίοδο 2014 – 2022.

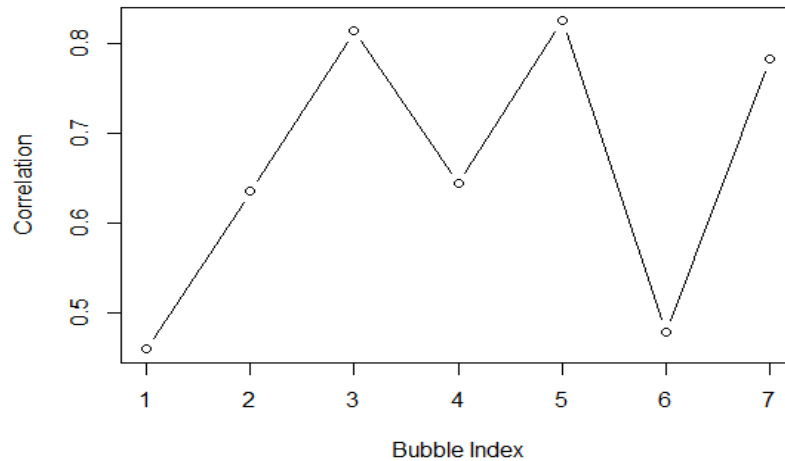
Μια συσχέτιση 0,97 μεταξύ της διάρκειας και του μεγέθους των φυσαλίδων που διήρκεσαν περισσότερες από 8 ημέρες δείχνει μια εξαιρετικά δυνατή θετική σχέση μεταξύ αυτών των δύο μεταβλητών, κάτι που δείχνει ότι οι φούσκες με μεγαλύτερη διάρκεια τείνουν να έχουν μεγαλύτερα μεγέθη, και αντίστροφα.

7.8.2 Όγκος συναλλαγών και μέγεθος φούσκας

Το 2018, οι Su, Li και Wang (Su et al., 2018), διεξήγαγαν μια μελέτη χρησιμοποιώντας το πλαίσιο PSY για τον εντοπισμό φυσαλίδων σε Bitcoin, Ethereum, Ripple και Litecoin. Βρήκαν στοιχεία για φυσαλίδες και στα τέσσερα κρυπτονομίσματα και διαπίστωσαν ότι η παρουσία φυσαλίδων ήταν πιο πιθανή σε περιόδους αβεβαιότητας της αγοράς. Διαπίστωσαν επίσης ότι το μέγεθος της φούσκας συσχετίστηκε θετικά με τον όγκο των συναλλαγών για το κρυπτονόμισμα.

Για να εξεταστεί εάν ισχύει μέχρι σήμερα αυτό, θα χρειαστούν κάποιες τροποποιήσεις στο δείγμα. Θα χρησιμοποιηθούν οι φούσκες διάρκειας άνω των 8 ημερών στο κρυπτονόμισμα Bitcoin το 2014 – 2022 ώστε να αντληθούν τα δεδομένα του όγκου συναλλαγών τις αντίστοιχες ημερομηνίες και να γίνει έλεγχος συσχέτισης σε κάθε μικροδείγμα ξεχωριστά. Παρακάτω, το διάγραμμα δείχνει την πορεία των συσχετίσεων για τα δείγματα που προέκυψαν. Παρατηρείται συνολική συσχέτιση

ύψους 0.67, κάτι που σημαίνει πως πράγματι, υπάρχει δυνατή θετική σχέση μεταξύ του όγκου των συναλλαγών και του μεγέθους των φυσαλίδων για το Bitcoin.



Διάγραμμα 26 : Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ όγκου συναλλαγών και μεγέθους μιας φούσκας για το κρυπτονόμισμα Bitcoin.

7.9 Ανάπτυξη επενδυτικής στρατηγικής για το Bitcoin χρησιμοποιώντας τον έλεγχο GSADF

7.9.1 Ο ρόλος του ελέγχου GSADF

Η αιτιότητα Granger είναι μια έννοια που βασίζεται στην πρόβλεψη. Δημιουργήθηκε τη δεκαετία του 1960 και έχει υιοθετηθεί σε μεγάλη κλίμακα στα χώρο των οικονομικών (Granger, 1969). Το τεστ αυτό είναι πιο αυστηρό στην αξιολόγηση της αιτιότητας και λαμβάνει υπόψη τη χρονική σειρά των μεταβλητών και την παρουσία άλλων πιθανών αιτιακών παραγόντων. Είναι δυνατόν δύο μεταβλητές να συσχετίζονται σε μεγάλο βαθμό, αλλά η αιτιότητα να τρέχει προς την αντίθετη κατεύθυνση ή η σχέση να είναι ψευδής και να καθοδηγείται από μια τρίτη, μη μετρημένη μεταβλητή. Για αυτό το λόγο, διεξήχθη μέσω Eviews, ο παραπάνω οικονομετρικός έλεγχος μεταξύ του στατιστικού GSADF και της τιμής του Bitcoin. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι υπάρχει κάποια ένδειξη αιτιότητας Granger. Συγκεκριμένα, στις υστερήσεις 1, 3, 4 και 5, οι τιμές p-value είναι κάτω από το επίπεδο σημαντικότητας 0,05, υποδεικνύοντας ότι μπορούμε να απορρίψουμε την μηδενική υπόθεση της μη αιτιότητας και να συμπεράνουμε ότι το GSADF προκαλεί αλλαγές στην τιμή του Bitcoin σε αυτές τις υστερήσεις, οδηγώντας στο συμπέρασμα ότι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε μια επενδυτική στρατηγική αλλά πιθανώς και σε μοντέλα πρόβλεψης.

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα διερευνήσουμε την εφαρμογή του ελέγχου GSADF ως εργαλείο παραγωγής σημάτων με σκοπό την ανάπτυξη επενδυτικής στρατηγικής για το Bitcoin. Με τη χρήση στατιστικής ανάλυσης, στοχεύουμε να παρέχουμε πληροφορίες σχετικά με την αποτελεσματικότητα αυτής της στρατηγικής και τις δυνατότητές της να δημιουργήσει κέρδη στην αγορά κρυπτονομισμάτων.

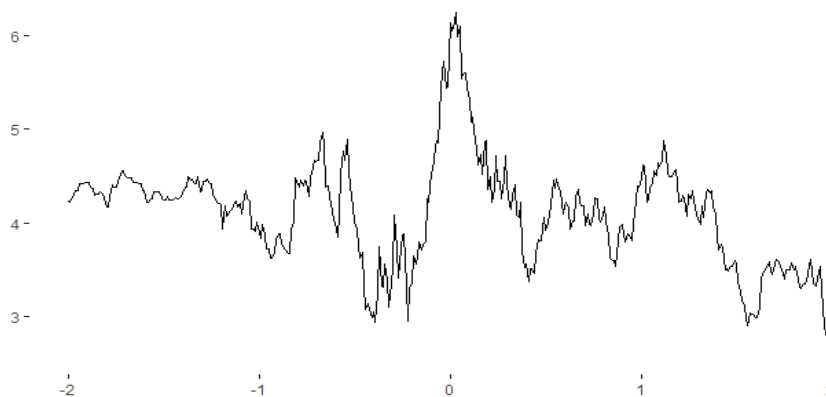
7.9.2 Μεθοδολογία

Θα εφαρμόσουμε τη δοκιμή GSADF στις ημερήσιες τιμές κλεισίματος του Bitcoin από το έτος 2014 και μετά. Η δοκιμή θα διεξαχθεί με ελάχιστη διάρκεια παραθύρου 36 ημερών και επίπεδο σημαντικότητας 5% και στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθεί το στατιστικό GSADF. Η επενδυτική στρατηγική της παρούσας εργασίας περιλαμβάνει τον καθορισμό οριακών τιμών (thresholds) για

την αγοραπωλησία Bitcoin. Δημιουργούνται σήματα με βάση το εάν η τρέχουσα τιμή του στατιστικού υπερβαίνει κάποιο από αυτά τα όρια. Εάν η τιμή του στατιστικού βρίσκεται πάνω από το όριο που έχουμε θέσει, δίνεται σήμα για αγορά, ενώ αν βρίσκεται κάτω από το όριο, δίνεται σήμα για πώληση. Στη συνέχεια υπολογίζονται τα ημερήσια κέρδη πολλαπλασιάζοντας την αξία του σήματος (1 για θετική απόδοση, -1 για αρνητική) με τις ημερήσιες αποδόσεις του Bitcoin. Αυτά τα κέρδη προστίθενται σωρευτικά για να ληφθούν τα σωρευτικά κέρδη (cumulative profits) με την πάροδο του χρόνου. Για τον μετριασμό των ζημιών, η στρατηγική παρακολουθεί τις ημερήσιες ζημιές ξεχωριστά και τις αφαιρεί από τα σωρευτικά κέρδη. Η στρατηγική υποθέτει πως η αγοραπωλησία πραγματοποιείται με ένα σταθερό ποσό, σύμφωνα με το σήμα που προέκυψε την προηγούμενη ημέρα.

7.9.3 Thresholds

Προκειμένου να βρεθεί το καλύτερο threshold που βελτιστοποιεί τη στρατηγική, έγινε πειραματισμός με μια σειρά από πιθανές τιμές. Ορίστηκε ένα εύρος τιμών προς δοκιμή, χρησιμοποιώντας αυξήσεις 0,001 μεταξύ -2 και 2. Για κάθε threshold, δημιουργήθηκαν σήματα συναλλαγών με βάση το στατιστικό GSADF. Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν τα ημερήσια κέρδη για κάθε σήμα ξεχωριστά και προσδιορίστηκαν τα σωρευτικά κέρδη με την πάροδο του χρόνου. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε για κάθε τιμή και αποθηκεύτηκαν τα αποτελέσματα σε ένα πλαίσιο δεδομένων. Για να προσδιορισθεί το βέλτιστο threshold, εξετάστηκαν τα σωρευτικά κέρδη που σχετίζονται με κάθε ένα ξεχωριστά. Δημιουργήθηκε επίσης ένα γράφημα για να παρατηρηθεί η απόδοση της στρατηγικής, σχεδιάζοντας τα thresholds έναντι των σωρευτικών κερδών. Η βέλτιστη οριακή τιμή αποδείχθηκε ότι είναι το 0.0263, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 27, αποδίδοντας μάλιστα σωρευτικά κέρδη της τάξης του 600%.



Διάγραμμα 27 : Η απόδοση της στρατηγικής μας ανάλογα με το προκαθορισμένο όριο που τίθεται στην στρατηγική.

Για να εξελιχθεί κι άλλο η στρατηγική, πραγματοποιήθηκε μια δοκιμή να βρεθεί σε ποιο εύρος τιμών του στατιστικού GSADF υπήρξαν οι καλύτερες και οι χειρότερες αποδόσεις για το Bitcoin την επόμενη μέρα, ώστε να αυξηθούν οι πολλαπλασιαστές των ποσών αγοράς και πώλησης σε συγκεκριμένα “ακραία” επίπεδα. Διαιρέθηκαν τα δεδομένα σε δέκα μέρη και υπολογίστηκαν τα ημερήσια κέρδη και τα σωρευτικά κέρδη με βάση τα σήματα και προσδιορίστηκε το μέσο ημερήσιο κέρδος για το κάθε εύρος. Οι καλύτερες αποδόσεις παρατηρήθηκαν στο εύρος από -0.005014797 έως 0.1799622 ενώ οι χειρότερες αποδόσεις από 1.044477 έως 1.627673. Αφού βρέθηκαν οι τιμές του GSADF στις οποίες μπορεί κανείς να ρισκάρει να αγοράσει ή να πουλήσει περισσότερο, θα ερευνηθεί η ιδανική αναλογία σύμφωνα με την οποία μεγιστοποιείται ο δείκτης Sharpe.

7.9.4 Sharpe Ratio

Ο δείκτης Sharpe είναι ένα μέτρο απόδοσης προσαρμοσμένης στον κίνδυνο, που χρησιμοποιείται ευρέως στα χρηματοοικονομικά για την αξιολόγηση της απόδοσης των επενδυτικών στρατηγικών. Υπολογίζεται αφαιρώντας ένα επιτόκιο χωρίς κίνδυνο από τη μέση ημερήσια απόδοση μιας επένδυσης και διαιρώντας το αποτέλεσμα με την τυπική απόκλιση της ημερήσιας απόδοσης πολλαπλασιαζόμενη με την τετραγωνική ρίζα του αριθμού των ημερών διαπραγμάτευσης (365 εφόσον πρόκειται για κρυπτονόμισμα). Ένα επιτόκιο χωρίς κίνδυνο είναι συνήθως το ποσοστό απόδοσης ενός θεωρητικά ακίνδυνου περιουσιακού στοιχείου όπως το δολάριο και κυβερνητικά ομόλογα ή γραμμάτια του δημοσίου. Αυτά τα περιουσιακά στοιχεία θεωρούνται ελεύθερα κινδύνου, καθώς υποστηρίζονται από την πλήρη εμπιστοσύνη και πίστωση της κυβέρνησης και πιστεύεται ότι είναι απαλλαγμένα από τον κίνδυνο αθέτησης. Για αυτό το λόγο στη συγκεκριμένη στρατηγική θα χρησιμοποιηθεί ένα risk – free rate της τάξης του 0.05%.

Ένας υψηλότερος δείκτης Sharpe υποδηλώνει υψηλότερη απόδοση επένδυσης σε σχέση με τον αναληφθέντα κίνδυνο. Βελτιστοποιώντας τις παραμέτρους, οι επενδυτές μπορούν να αυξήσουν τις αποδόσεις του χαρτοφυλακίου ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο. Παρόλα αυτά, ο δείκτης λαμβάνει υπόψη τη μεταβλητότητα των αποδόσεων. Κι επειδή τα κρυπτονομίσματα έχουν ιστορικά παρουσιάσει υψηλή αστάθεια σε σύγκριση με τις παραδοσιακές κατηγορίες περιουσιακών στοιχείων, όπως μετοχές και ομόλογα, οι στρατηγικές που αφορούν σε αυτά μπορεί να έχουν χαμηλούς δείκτες Sharpe λόγω της υψηλής μεταβλητότητας τους. Κάθε υποψήφιος επενδυτής διαθέτει διαφορετικό κεφάλαιο και προτιμήσεις όσον αφορά το ρίσκο που θέλει να πάρει. Πειραματιζόμενοι με διαφορετικά πολλαπλάσια αγοράς και πώλησης στα ακραία thresholds που ορίστηκαν, αγοράζοντας ή πουλώντας από 1 έως 10 φορές περισσότερο από το προκαθορισμένο σταθερό ποσό με βήμα 0.1, βρέθηκε ότι ο καλύτερος συνδυασμός πολλαπλασιαστών αγοράς - πώλησης ήταν χρησιμοποιώντας ένα λόγο 2.57, που οδήγησε σε αναλογία Sharpe 0.1057. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι αγοράζουμε ή πουλάμε 100 ευρώ την ημέρα ανάλογα με το σήμα που μας δίνει η στρατηγική μας. Εάν το στατιστικό GSADF βρίσκεται ανάμεσα στις ακραίες τιμές αγοράς, τότε θα επιλέξω να αγοράσω 500 ευρώ σε Bitcoin. Εάν το στατιστικό βρίσκεται ανάμεσα στις ακραίες τιμές πώλησης τότε για να βελτιστοποιήσω το Sharpe Ratio, θα πρέπει να πουλήσω $500/2.57 = 194$ ευρώ. Να σημειωθεί πως ανάλογα με το κεφάλαιο που διαθέτει ο κάθε επενδυτής και το ρίσκο που θέλει να πάρει, αυτοί οι αριθμοί αλλάζουν, κρατώντας όμως ίδιο λόγο πώλησης – αγοράς, δηλαδή το 2.57.

7.9.5 Αποτελέσματα στρατηγικής

Η επενδυτική μας στρατηγική δημιούργησε Win Rate 53,24%, υποδεικνύοντας ότι περισσότερες από τις μισές συναλλαγές μας ήταν κερδοφόρες. Κατά μέσο όρο, κάθε συναλλαγή απέφερε ένα μικρό κέρδος 0,44%, το οποίο συνέβαλε σε ένα σωρευτικό κέρδος ~ 1400% σε μια περίοδο σχεδόν 8,4 ετών. Η ανώτατη τιμή των σωρευτικών κερδών έφτασε στο 1456%. Ο ημερήσιος κίνδυνος κάθε κίνησης ανερχόταν στο 8.3% με το μεγαλύτερο ημερήσιο κέρδος να κυμαίνεται στο 57.8% ενώ τη μεγαλύτερη ημερήσια ζημιά που σημειώθηκε να είναι 41.1%, επιβεβαιώνοντας την τεράστια διακύμανση τιμών της αγοράς των κρυπτονομισμάτων, κάτι που ίσως δικαιολογεί και το χαμηλό Sharpe Ratio του 0.1057. Τα παραπάνω αποτελέσματα αφορούν την περίπτωση στην οποία ο επενδυτής αγόρασε 2.57 φορές περισσότερο από το σταθερό ποσό και πούλησε το ίδιο, όταν οι τιμές του στατιστικού GSADF ήταν στα ακραία όρια.



Διάγραμμα 28 : Σωρευτικά κέρδη ακολουθώντας τη στρατηγική για το κρυπτονόμισμα Bitcoin την περίοδο 2014-2022.

Τα αποτελέσματά υποδεικνύουν ότι η επενδυτική μας στρατηγική απέφερε σημαντικά κέρδη κατά την περίοδο που αναλύθηκε. Είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη οι πιθανοί κίνδυνοι που συνδέονται με αυτήν την προσέγγιση, όπως τα ψευδή σήματα που δημιουργούνται από τη δοκιμή, αλλά και το γεγονός ότι τα ιστορικά δεδομένα δεν εγγυώνται ακριβείς προβλέψεις μελλοντικών τιμών. Στόχος της εργασίας αυτής είναι τα ευρήματά να συμβάλουν στην αυξανόμενη βιβλιογραφία σχετικά με τις επενδύσεις και τις συναλλαγές σε κρυπτονομίσματα και να παρέχουν πολύτιμες γνώσεις σε επενδυτές και ενδιαφερόμενους σε αυτόν τον ταχέως εξελισσόμενο τομέα.

8. ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ

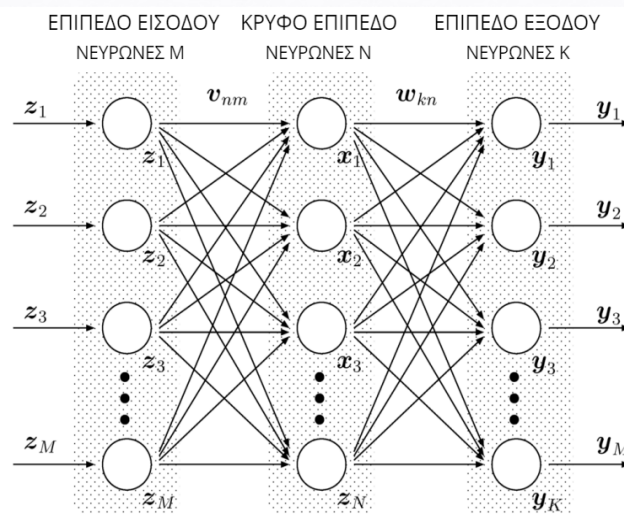
8.1 Νευρωνικά δίκτυα

Από την εμφάνιση του Bitcoin το 2009, η πρόβλεψη της τιμής του έχει συγκεντρώσει αυξανόμενη προσοχή, οδηγώντας στην ανάπτυξη διαφόρων μοντέλων. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν βασικά στατιστικά μοντέλα όπως το ARIMA, το οποίο βασίζεται σε ιστορικά δεδομένα και υποθέτει ότι οι χρονοσειρές χαρακτηρίζονται από στασιμότητα. Ωστόσο, οι τιμές του Bitcoin είναι εμφανώς ασταθείς και αυτά τα μοντέλα συχνά δυσκολεύονται να προβλέψουν με ακρίβεια τις τιμές Bitcoin. Κατά συνέπεια, εισήχθησαν πιο εξελιγμένα μοντέλα, όπως τα νευρωνικά μοντέλα. Αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης, εμπνευσμένοι από τον ανθρώπινο εγκέφαλο, είναι τα λεγόμενα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (Siddiqui, 2019). Χρησιμοποιούνται εκτενώς σε διάφορους κλάδους, όπως η αναγνώριση εικόνων, η μετάφραση γλώσσας και η χρηματοοικονομική πρόβλεψη.

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα διερευνήσουμε τη χρήση του μοντέλου Long Short Term Memory (LSTM) για την πρόβλεψη της τιμής του Bitcoin. Η αγορά των κρυπτονομισμάτων είναι εξαιρετικά ασταθής και πολύπλοκη, καθιστώντας την ένα δύσκολο πρόβλημα για τα παραδοσιακά στατιστικά μοντέλα. Θα αναλυθεί πώς το μοντέλο LSTM μπορεί να καταγράψει τα υποκείμενα μοτίβα και τάσεις ιστορικών δεδομένων που θα του ανατεθούν, και θα διερευνηθεί η αποτελεσματικότητά του.

8.2 Βασικοί τύποι νευρωνικών δικτύων

8.2.1 Multilayer Perceptron (MLP)



Διάγραμμα 29 : Απεικόνιση ενός δικτύου MLP (Graves, 2013).

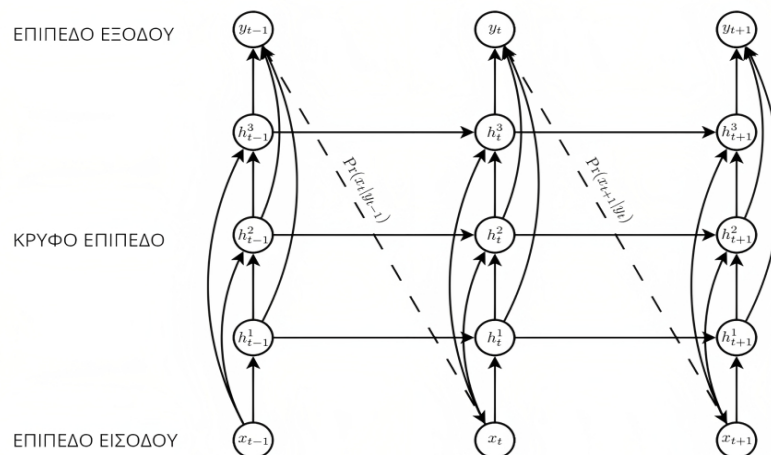
Ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο αποτελείται από νευρώνες, οι οποίοι είναι απλοποιημένες εκδόσεις βιολογικών νευρώνων και οι συνδέσεις τους αντιπροσωπεύονται από πραγματικούς αριθμούς που ονομάζονται βάρη, οι οποίοι τροποποιούν τις εισόδους (Παναγιώτα Χ. Ζησιμοπούλου, 2021). Τα νευρωνικά δίκτυα αποτελούνται από τρεις βασικές δομές που είναι το επίπεδο εισόδου, τα κρυφά επίπεδα και το επίπεδο εξόδου. Το επίπεδο εισόδου είναι το αρχικό στρώμα ενός νευρωνικού δικτύου, το οποίο εξυπηρετεί τον σκοπό της λήψης δεδομένων από τον εξωτερικό κόσμο. Μπορεί να αποτελείται από έναν ή πολλούς κόμβους, με κάθε κόμβο να αντιπροσωπεύει ένα χαρακτηριστικό ή μια μεταβλητή. Οι κόμβοι στο επίπεδο εισόδου λαμβάνουν δεδομένα από τον έξω κόσμο και τα μεταφέρουν στο επόμενο επίπεδο. Τα κρυφά επίπεδα είναι εκεί όπου συμβαίνουν οι κύριες λειτουργίες ενός νευρωνικού δικτύου. Αποτελούνται από ένα ή περισσότερα επίπεδα

κόμβων και η κύρια λειτουργία τους είναι να μετασχηματίζουν τα δεδομένα εισόδου με τρόπο που να επιτρέπει στο δίκτυο να κάνει προβλέψεις ή ταξινομήσεις. Η ακριβής δομή και ο αριθμός των κρυφών επιπέδων σε ένα νευρωνικό δίκτυο μπορεί να διαφέρει ανάλογα με το συγκεκριμένο πρόβλημα που επιλύεται. Η προσθήκη περισσότερων κόμβων επιτρέπει γενικά πιο περίπλοκους μετασχηματισμούς των δεδομένων εισόδου, αλλά μπορεί επίσης να κάνει το δίκτυο πιο δύσκολο στην εκπαίδευση και επιρρεπές σε λάθη. Τέλος, το επίπεδο εξόδου είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία της τελικής πρόβλεψης ή ταξινόμησης του δικτύου.

Σε ένα Multilayer Perceptron, τα δεδομένα εισόδου τροφοδοτούνται στο δίκτυο, τα οποία τα επεξεργάζεται μέσω των κρυφών επιπέδων χρησιμοποιώντας μη γραμμικούς μετασχηματισμούς και τα βάρη για την παραγωγή των εξόδων. Τα δίκτυα αυτά έχουν κάποιους περιορισμούς, όπως το πρόβλημα της εξαφάνισης της κλίσης, το οποίο εμφανίζεται όταν οι παράγωγοι των επιπέδων γίνονται πολύ μικρές για να είναι χρήσιμες για μάθηση. Επίσης, τα σήματα των MLPs περνούν μέσω του δικτύου με στατικό τρόπο προσδίδοντας του έτσι την περιορισμένη ικανότητα τους να αναγνωρίζουν το στοιχείο του χρόνου, εφαρμόζοντας τα ίδια βάρη σε όλα τα δεδομένα.

8.2.2 Recurrent Neural Networks (RNN)

Δυσκολίες σαν τις παραπάνω, εξαλείφονται μέσω των RNN. Ο Elman, δημιούργησε το ανατροφοδοτούμενο νευρωνικό δίκτυο (RNN) (Elman, 1990). Παρόμοιο με το MLP, διαθέτοντας μια επιπλέον ικανότητα να επιτρέπει στα σήματα να κινούνται προς όλες τις κατευθύνσεις με επαναλαμβανόμενο τρόπο. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη ενός επιπέδου περιβάλλοντος στο δίκτυο, το οποίο λαμβάνει την έξοδο κάθε επιπέδου καθώς και την επόμενη είσοδο, και στη συνέχεια τροφοδοτεί αυτές τις πληροφορίες στο επόμενο επίπεδο. Σε αντίθεση με το MLP, το RNN εκχωρεί συγκεκριμένα βάρη σε συμβάντα που συμβαίνουν σε μια σειρά, επιτρέποντάς του να χειρίζεται χρονικές εξαρτήσεις σε περιπτώσεις χρονοσειρών. Ωστόσο, η εξαφάνιση της κλίσης μπορεί να εξακολουθεί να είναι πρόβλημα για το RNN και στην πράξη, συχνά αποτυγχάνουν να μάθουν λόγω των προκλήσεων που αντιμετωπίζουν.



Διάγραμμα 30 : Απεικόνιση ενός δικτύου RNN. Οι κύκλοι αντιπροσωπεύουν τα επίπεδα του δικτύου. Οι γραμμές δείχνουν τα βάρη και τις συνδέσεις, και οι διακεκομμένες γραμμές αφορούν τις προβλέψεις (Graves, 2013).

8.2.3 Long Short Term Memory (LSTM)

Τα δίκτυα LSTM επιλύουν και τα δύο προβλήματα που προκύπτουν με τα προηγούμενα δίκτυα. Δημιουργήθηκαν από τους Hochreiter and Schmidhuber το 1997 (Hochreiter and Schmidhuber, 1997) και διατηρούν τα βάρη που προωθούνται και αναθέτονται μέσω των επιπέδων, σε αντίθεση με το RNN, όπου η κατάσταση τροποποιείται σε κάθε βήμα. Επιτρέπουν επίσης στο δίκτυο να

μαθαίνει σε πολλά χρονικά βήματα, διατηρώντας παράλληλα ένα πιο σταθερό σφάλμα, το οποίο του επιτρέπει να μαθαίνει μακροπρόθεσμες εξαρτήσεις. Το κελί LSTM περιλαμβάνει πύλες, οι οποίες επιτρέπουν στο δίκτυο να καθορίσει ποιες πληροφορίες θα αποκλείσει ή θα διαβιβάσει με βάση τη δύναμη και τη σημασία τους. Αυτό αποτρέπει την εξαφάνιση της κλίσης εμποδίζοντας τα αδύναμα σήματα.

Πιο αναλυτικά, ας υποθέσουμε ότι χρησιμοποιούμε δεδομένα τριών ημερών για την πρόβλεψη. Το επίπεδο εισόδου του μοντέλου RNN αποτελείται από τρεις κόμβους ο καθένας από τους οποίους λαμβάνει όλα τα δεδομένα μιας ημέρας, δηλαδή ένα διάνυσμα 18 χαρακτηριστικών. Έχοντας x_t ως είσοδο, κάθε κρυφή κατάσταση h_t στη συνέχεια υπολογίζεται ως εξής:

$$h_t = \tanh(W_h x_t + U_h h_{t-1} + b_h)$$

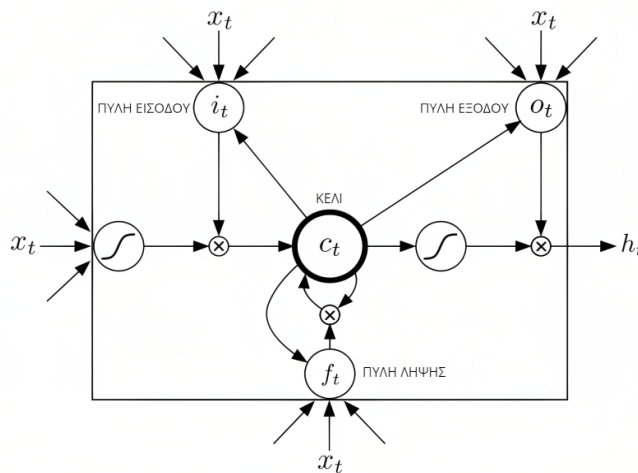
όπου W_h , U_h , και b_h είναι παράμετροι που θα μαθευτούν και το $\tanh$ είναι μια συνάρτηση της υπερβολικής εφαιτομένης. Η κύρια διαφορά από τα άλλα δίκτυα είναι ότι τα RNN δεν χρησιμοποιούν μόνο την είσοδο x_t , αλλά και την προηγούμενη κρυφή κατάσταση h_{t-1} , για να υπολογίσουν την τρέχουσα κρυφή κατάσταση h_t , εκμεταλλεύοντας έτσι τη χρονική εξάρτηση μεταξύ της ακολουθίας εισαγωγής δεδομένων. Υποθέτοντας ότι χρησιμοποιούμε δεδομένα ακολουθίας τριών ημερών, η τελική έξοδος y για παλινδρόμηση υπολογίζεται ως εξής,

$$y = w_y h_3 + b_y$$

όπου το w_y και το b_y είναι επίσης παράμετροι που θα μαθευτούν. Ένα μειονέκτημα των RNN είναι ότι όταν το μήκος της ακολουθίας εισόδου είναι μεγάλο, οι μακροπρόθεσμες πληροφορίες σπάνια λαμβάνονται υπόψη λόγω του πρόβληματος εξαφάνισης της κλίσης. Το LSTM αποφεύγει το πρόβλημα αυτό, χρησιμοποιώντας πύλες εισόδου, εξόδου και λήψης, μαζί με το κελί (το τμήμα μνήμης μιας μονάδας LSTM). Για μια μονάδα LSTM τη στιγμή t , η κρυφή της κατάσταση h_t , δηλαδή το διάνυσμα εξόδου της μονάδας LSTM, υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned} f_t &= \sigma(W_f x_t + U_f h_{t-1} + b_f) \\ i_t &= \sigma(W_i x_t + U_i h_{t-1} + b_i) \\ o_t &= \sigma(W_o x_t + U_o h_{t-1} + b_o) \\ g_t &= \tanh(W_g x_t + U_g h_{t-1} + b_g) \\ c_t &= f_t \odot c_{t-1} + i_t \odot g_t \\ h_t &= o_t \odot \tanh(c_t) \end{aligned}$$

όπου τα W , U και b είναι παράμετροι που πρέπει να μάθουμε και το σ είναι μια σιγμοειδής συνάρτηση. f_t , i_t και o_t , αντίστοιχα, αντιστοιχούν στις πύλες λήψης, εισόδου και εξόδου, και c_t είναι το διάνυσμα κατάστασης του κελιού.



Διάγραμμα 31 : Απεικόνιση ενός δικτύου LSTM (Graves, 2013).

8.3 Σχετική έρευνα

Το Bitcoin είναι ένα ομολογουμένως ενδιαφέρον θέμα για πρόβλεψη, εξαιτίας της πολύπλευρης και πολύπλοκης φύσης του. Υπάρχει μικρός αριθμός ερευνών που χρησιμοποίησαν αλγορίθμους μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη της τιμής του. Μελετητές έχουν διερευνήσει τους καθοριστικούς παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή του, με τους Georgoula et al. (Georgoula et al., 2015) να βρήκαν θετική συσχέτιση μεταξύ της συχνότητας των αναζητήσεων στο Wikipedia και του hashrate με την τιμή του Bitcoin. Η ανάλυση συναισθήματος έχει επίσης χρησιμοποιηθεί ως παράγοντας πρόβλεψης της τιμής του Bitcoin, με τους Matta et al. (Matta et al., 2015) να παρατήρησαν ασθενή έως μέτρια συσχέτιση μεταξύ της τιμής του Bitcoin και των προβολών στο Google Trends και των θετικών tweets στο Twitter. Ωστόσο, οι περιορισμοί της χρήσης του συναισθήματος ως προγνωστικού παράγοντα, όπως ο κίνδυνος παραπληροφόρησης και χειραγώγησης, το καθιστούν λιγότερο κατάλληλο για αυτόν τον σκοπό. Ο Kristoufek (Kristoufek, 2015) βρήκε μια θετική συσχέτιση στις προβολές των μηχανών αναζήτησης, της δυσκολίας εξόρυξης και την τιμή του Bitcoin μακροπρόθεσμα.

Ορισμένοι ερευνητές χρησιμοποίησαν επίσης τεχνικές παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη των τιμών συναλλάγματος και μετοχών, όπως το MultiLayer Perceptron (MLP) και τα ανατροφοδοτούμενα νευρωνικά δίκτυα (RNNs). Πιο συγκεκριμένα, οι Sin and Wang το 2017 (Sin and Wang, 2017), πρότεινε έναν αλγόριθμο που συνδυάζε ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο και ένα Multilayer Perceptron για να αυξήσει την ακρίβεια πρόβλεψης της τιμής του Bitcoin από 58% σε 63%. Οι Yenidogan et al. το 2018 (Yenidogan et al., 2018), χρησιμοποίησαν τον αλγόριθμο βαθιάς μάθησης του Facebook Prophet και έδειξαν ότι είχε καλύτερη απόδοση από τον αλγόριθμο ARIMA στην πρόβλεψη τιμών Bitcoin. Οι Phaladisailoed and Numnonda το 2018 (Phaladisailoed and Numnonda, 2018) χρησιμοποίησαν το πακέτο Keras και το πακέτο scikit-learn για να προβλέψουν τις τιμές του Bitcoin, διαπιστώνοντας επίσης ότι τα μοντέλα LSTM και GRU πέτυχαν τις καλύτερες τιμές R-squared. Οι Politis et al. (2021) (Politis et al., 2021), χρησιμοποίησαν ένα συνδυαστικό δίκτυο με μοντέλα LSTM, GRU και TCN και κατέληξαν για ακόμα μια φορά ότι τα μοντέλα LSTM και GRU είχαν το χαμηλότερο RMSE.

8.4 Αξιολόγηση του μοντέλου

Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα - MSE είναι ένα σημαντικό μέτρο για την αξιολόγηση της απόδοσης ενός μοντέλου LSTM, καθώς παρέχει ένα μέτρο του πόσο καλά το μοντέλο μπορεί να χωρέσει τα δεδομένα. Ένα χαμηλότερο MSE υποδηλώνει καλύτερη απόδοση, καθώς σημαίνει ότι το μοντέλο κάνει πιο ακριβείς προβλέψεις.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

Η ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος RMSE παρέχει ένα μέτρο της μέσης απόστασης μεταξύ των προβλεπόμενων τιμών και των πραγματικών τιμών, στις ίδιες μονάδες με τα αρχικά δεδομένα.

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_i - \hat{Y}_i)^2}$$

Το μέσο απόλυτο σφάλμα - MAE υπολογίζεται λαμβάνοντας τη μέση απόλυτη διαφορά μεταξύ των προβλεπόμενων τιμών και των πραγματικών τιμών, που σημαίνει ότι παρέχει ένα μέτρο του μέσου μεγέθους των σφαλμάτων, στις ίδιες μονάδες με τα αρχικά δεδομένα.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Y_i - \hat{Y}_i|$$

Ο συντελεστής R^2 είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την αξιολόγηση της απόδοσης ενός μοντέλου LSTM, καθώς παρέχει ένα μέτρο του πόσο καλά το μοντέλο είναι σε θέση να συλλάβει τα υποκείμενα μοτίβα στα δεδομένα.

$$R^2 = 1 - \frac{MSE}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2}$$

8.5 Ανάπτυξη νευρωνικού δικτύου LSTM για την πρόβλεψη της τιμής του Bitcoin

Το τεχνητό νευρωνικό δίκτυο της παρούσας εργασίας υλοποιήθηκε μέσω Python, με τη χρήση των βιβλιοθηκών Keras και Tensorflow. Το σετ εκπαίδευσης ορίστηκε στο 80%, με το υπόλοιπο 20% να αποτελεί το σετ δοκιμών. Το μοντέλο εκπαιδεύτηκε με τη μέθοδο Adam. Η Adaptive Moment Estimation (Kingma and Ba, 2014), είναι μια μέθοδος όπου προσαρμόζει το ρυθμό εκπαίδευσης για κάθε παράμετρο. Αποτελεί την πιο καθιερωμένη και ευρέως αποδεκτή μέθοδο. Τα δεδομένα προεπεξεργάστηκαν κλιμακώνοντάς τα μεταξύ 0 και 1 μέσω της συνάρτησης MinMaxScaler του πακέτου sklearn. Στο τέλος, υπολογίζονται οι μετρικές απόδοσης, για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Τα δεδομένα αντλήθηκαν από Blockchain.com και YahooFinance.

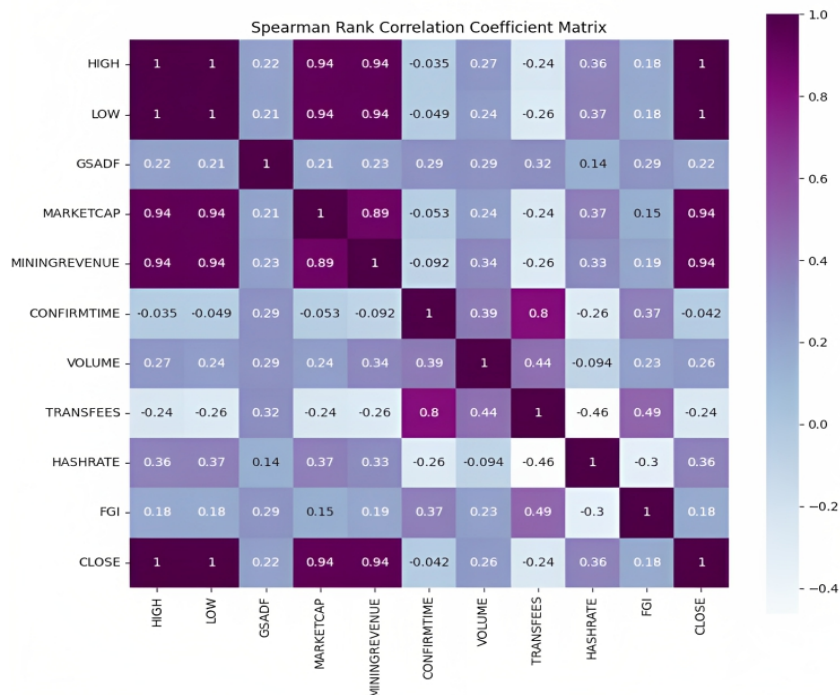
8.5.1 Εξωγενείς παράγοντες του μοντέλου

Η αξία του Bitcoin καθορίζεται από πολλούς παράγοντες, όπως η ζήτηση της αγοράς, οι τεχνολογικές εξελίξεις, το συνολικό συναίσθημα των επενδυτών και πολλά ακόμη. Η πρόβλεψη της τιμής του είναι ένα δύσκολο έργο λοιπόν, που απαιτεί προσεκτική εξέταση διαφόρων εξωγενών παραγόντων. Στο μοντέλο αυτής της εργασίας θα χρησιμοποιηθούν οι εξής μεταβλητές :

- *Hashrate* - Το ποσοστό κατακερματισμού αναφέρεται στην υπολογιστική ισχύ του δικτύου Bitcoin. Καθορίζει πόσο δύσκολη είναι η εξόρυξη και είναι ένας καλός δείκτης της συνολικής υγείας και ασφάλειας του δικτύου.
- *Crypto Fear and Greed Index* - Είναι ένας δείκτης συναισθημάτων που παρακολουθεί τα συναισθήματα των συμμετεχόντων στην αγορά έναντι του Bitcoin. Λαμβάνει υπόψη διάφορους παράγοντες όπως η αστάθεια, το συναίσθημα των μέσων κοινωνικής δικτύωσης και η δυναμική της αγοράς (“Crypto Fear and Greed Index” n.d.).
- *Confirmtime* - Ο χρόνος επιβεβαίωσης των συναλλαγών είναι μια σημαντική μεταβλητή για την πρόβλεψη της μελλοντικής τιμής του. Δείχνει το χρόνο που χρειάζεται για να επαληθευτεί και να προστεθεί μια συναλλαγή Bitcoin στο Blockchain. Οι μεγαλύτεροι χρόνοι μπορεί να υποδηλώνουν συμφόρηση δικτύου, η οποία μπορεί να επηρεάσει αρνητικά το συναίσθημα των επενδυτών και να οδηγήσει σε χαμηλότερες τιμές.
- *Transfees* - Οι χρεώσεις συναλλαγών καταβάλλονται από τους χρήστες σε εξορύκτες για την επεξεργασία των συναλλαγών τους στο δίκτυο Bitcoin. Οι χρεώσεις συναλλαγών μπορούν να χρησιμεύσουν ως αντιπρόσωπος για το επίπεδο ζήτησης για συναλλαγές Bitcoin. Τα υψηλότερα τέλη συναλλαγών μπορεί να υποδηλώνουν υψηλότερη ζήτηση για συναλλαγές Bitcoin, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερες τιμές.
- *Volume* - Ο όγκος συναλλαγών αναφέρεται στον συνολικό αριθμό Bitcoin που διαπραγματεύονται σε χρηματιστήρια για μια δεδομένη περίοδο. Οι υψηλότεροι όγκοι συναλλαγών μπορεί να υποδηλώνουν υψηλότερα επίπεδα δραστηριότητας της αγοράς και ενδιαφέροντος για Bitcoin.
- *Miningrevenue* - Τα έσοδα εξόρυξης είναι ακόμα μια κρίσιμη μεταβλητή για την πρόβλεψη της τιμής του Bitcoin. Αντιπροσωπεύουν το ποσό που λαμβάνουν οι miners για την προσθήκη συναλλαγών στο δίκτυο Blockchain. Τα υψηλότερα έσοδα εξόρυξης μπορεί να υποδηλώνουν αυξημένη χρήση δικτύου και ζήτηση, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερες τιμές.
- *High – Low – Marketcap* - Ιστορικά δεδομένα όπως οι υψηλές και χαμηλές τιμές που έλαβε ένα κρυπτονόμισμα σε μια ημέρα (high – low) και η συνολική κεφαλαιουχική αξία του (marketcap) χρησιμοποιούνται συχνά σε μοντέλα πρόβλεψης.
- *GSADF* - Η μεταβλητή αυτή, όπως αποδείχθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο μπορεί να θεωρηθεί σημαντική σε ένα μοντέλο πρόβλεψης της τιμής του Bitcoin ως εξωγενής παράγοντας.

8.5.2 Συσχέτιση δεδομένων

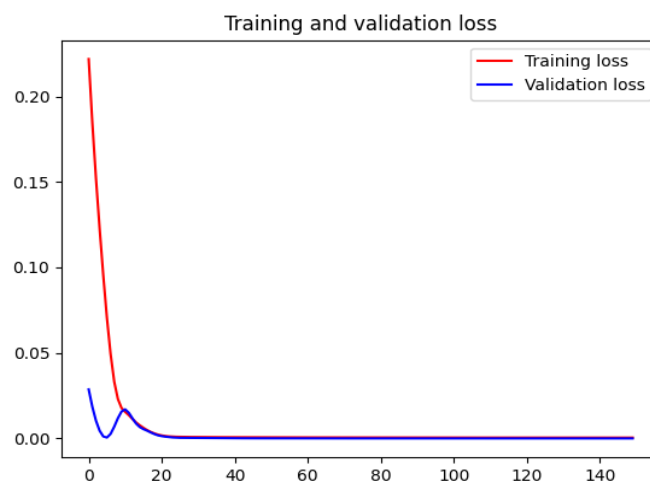
Ένα ισχυρό εργαλείο οπτικοποίησης που χρησιμοποιείται για τη μελέτη της συσχέτισης μεταξύ διαφορετικών μεταβλητών σε ένα σύνολο δεδομένων είναι το Spearman Rank Correlation Coefficient Matrix. Ο χρωματικά κωδικοποιημένος θερμικός χάρτης εμφανίζει τους συντελεστές συσχέτισης, που κυμαίνονται από -1 έως 1, με τη σκιά του χρώματος να υποδεικνύει την ισχύ της συσχέτισης. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό ποιες μεταβλητές συσχετίζονται θετικά ή αρνητικά μεταξύ τους και σε ποιο βαθμό.



Διάγραμμα 32 : Spearman Rank Correlation Coefficient Matrix για τις μεταβλητές του μοντέλου LSTM. Το διάγραμμα δημιουργήθηκε μέσω python και του πακέτου seaborn.

8.5.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Αν και είναι χρήσιμο για να υπολογίσουμε την αποτελεσματικότητα του μοντέλου μας, το παρακάτω γράφημα μάς βοηθάει επίσης να ανιχνεύσουμε συνθήκες όπως η υποπροσαρμογή (underfitting) ή η υπερπροσαρμογή (overfitting). Η υποπροσαρμογή σημαίνει ότι ένα μοντέλο δεν μπορεί να μάθει από το σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης, ενώ η υπερπροσαρμογή σημαίνει ότι ένα μοντέλο μαθαίνει πολύ καλά το σύνολο δεδομένων, και έτσι δεν μπορεί να ερμηνεύσει και να γενικεύσει νέα δεδομένα διαφορετικά από αυτά που ήδη υπάρχουν. Τόσο η απώλεια εκπαίδευσης όσο και η απώλεια επικύρωσης μειώνονται σε ένα σταθερό σημείο. Και επίσης το χάσμα μεταξύ των δύο είναι πολύ μικρό. Μπορούμε λοιπόν να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι το μοντέλο ταιριάζει καλά με το σύνολο δεδομένων μας.



Διάγραμμα 33 : Απώλεια εκπαίδευσης και απώλεια επικύρωσης για το μοντέλο LSTM.

Με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων αξιολόγησης, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το μοντέλο LSTM που αναπτύχθηκε σε αυτή τη μελέτη είναι ένα αξιολογικό μοντέλο για την πρόβλεψη των τιμών του Bitcoin. Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (MSE) του μοντέλου είναι 148242.637. Το μέσο απόλυτο σφάλμα (MAE) είναι 320.622, υποδηλώνοντας ότι η μέση απόλυτη διαφορά μεταξύ των προβλεπόμενων και των πραγματικών τιμών είναι επίσης μικρή. Η ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE) του μοντέλου είναι 385.022, το οποίο είναι επίσης αρκετά μικρό, υποστηρίζοντας περαιτέρω την υψηλή ακρίβεια του μοντέλου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 23 : ΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ LSTM ΜΕ ΣΕΤ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ 0.80

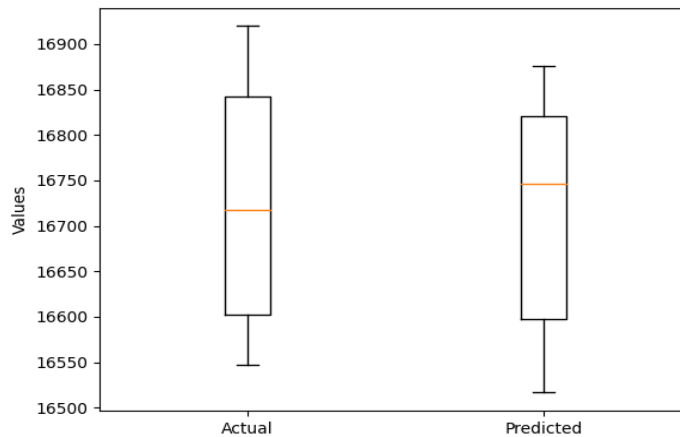
#	MSE	RMSE	MAE	R ²
LSTM	148242.64	385.02	320.62	0.93

Η απόδοση του μοντέλου αξιολογείται επίσης χρησιμοποιώντας ένα γράφημα που εμφανίζει την πραγματική τιμή, την προβλεπόμενη τιμή στο σετ εκπαίδευσης και στο σετ δοκιμών. Το διάγραμμα δείχνει ότι η πραγματική τιμή και η προβλεπόμενη τιμή είναι σχεδόν πανομοιότυπες, υποδεικνύοντας ότι το μοντέλο LSTM είναι σε θέση να προβλέψει με σχετική ακρίβεια τις τιμές. Αν ζουμάρουμε, θα δούμε ότι πράγματι οι τιμές είναι πολύ κοντά, καθιστώντας έτσι το μοντέλο αυτής της εργασίας ένα πιθανώς χρήσιμο εργαλείο για την πρόβλεψη της τιμής του Bitcoin.



Διάγραμμα 34 : Πραγματική τιμή, προβλεπόμενη τιμή στο σετ εκπαίδευσης και προβλεπόμενη τιμή στο σετ δοκιμών για το Bitcoin.

Όταν το μέγεθος του σετ εκπαίδευσης αυξάνεται στο 0,99, το μοντέλο LSTM εκπαιδεύεται σε όλα σχεδόν τα διαθέσιμα δεδομένα, αφήνοντας μόνο ένα μικρό μέρος για δοκιμή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το μοντέλο να είναι υπερβολικά προσαρμοσμένο στο σετ εκπαίδευσης, πράγμα που σημαίνει ότι έχει απομνημονεύσει τα μοτίβα και τον θόρυβο, αλλά μπορεί να μην είναι σε θέση να αποδόσει καλά σε νέα, άγνωστα δεδομένα. Στο διάγραμμα 35, παρατηρείται ένα θηκόγραμμα (boxplot), όπου το πραγματικό και το προβλεπόμενο εύρος διατεταρτημορίων (IQR), η αλλιώς τα δύο κουτιά είναι ένα μέτρο της εξάπλωσης των δεδομένων και αντιπροσωπεύει το εύρος του μέσου των σημείων δεδομένων. Παρατηρείται ότι είναι αρκετά όμοια, κάτι που υποδηλώνει ότι το μοντέλο ίσως να έχει καλή απόδοση στην πρόβλεψη της μεταβλητότητας στα δεδομένα.



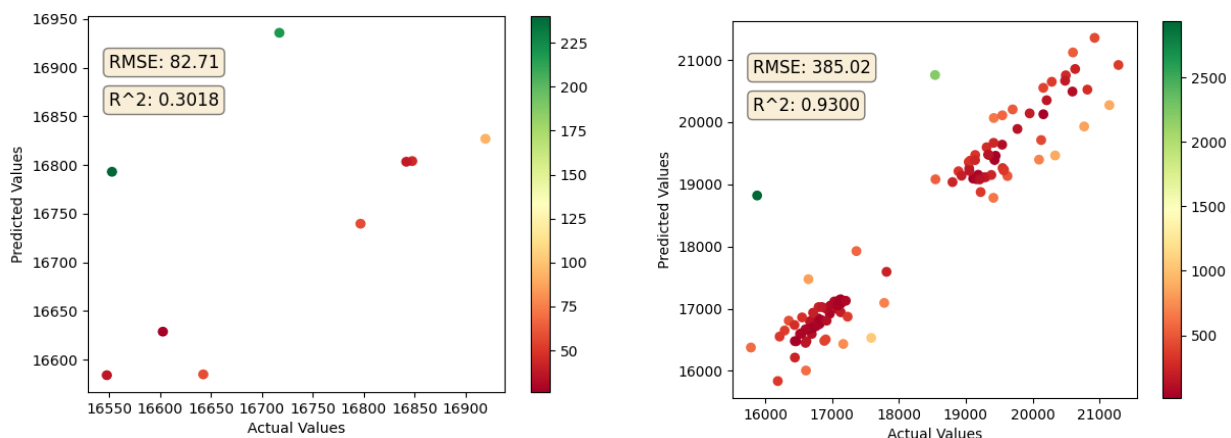
Διάγραμμα 35 : Θηκόγραμμα και διάγραμμα διασποράς της πραγματικής τιμής και της προβλεπόμενης τιμής στο σετ εκπαίδευσης 0.99 για το Bitcoin.

Όμως, όπως φαίνεται στον πίνακα 24, όταν το μοντέλο αξιολογείται στο δοκιμαστικό σύνολο, το RMSE μειώνεται σημαντικά, αλλά το R^2 είναι σε μη ικανοποιητικά επίπεδα. Από την άλλη πλευρά, όταν το σετ εκπαίδευσης είναι μικρότερο όπως στο προηγούμενο παράδειγμα, το μοντέλο είναι λιγότερο πιθανό να παρουσιάσει υπερπροσαρμογή και μπορεί να καταγράψει πιο γενικά μοτίβα που ισχύουν για άγνωστα δεδομένα. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερο RMSE, αλλά καλύτερη τιμή στο R^2 , υποδεικνύοντας καλύτερη συνολική προσαρμογή του μοντέλου. Επομένως, είναι σημαντικό να επιτευχθεί μια ισορροπία μεταξύ του μεγέθους του σετ εκπαίδευσης και της απόδοσης του μοντέλου σε άγνωστα δεδομένα, προκειμένου να ληφθούν οι καλύτερες δυνατές προβλέψεις.

ΠΙΝΑΚΑΣ 24 : ΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ LSTM ΜΕ ΣΕΤ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ 0.99

#	MSE	RMSE	MAE	R^2
LSTM	6841.04	82.71	63.93	0.3018

Τα διαγράμματα διασποράς των προβλεπόμενων και πραγματικών τιμών των δύο μοντέλων δείχνουν πόσο καλά ταιριάζουν οι προβλέψεις του μοντέλου με τις πραγματικές τιμές στο σύνολο δοκιμής και επιβεβαιώνουν τα προηγούμενα ευρήματα. Κάθε κουκκίδα στο διάγραμμα αντιπροσωπεύει ένα πραγματικό ζεύγος τιμών. Στην περίπτωση του μοντέλου με σετ εκπαίδευσης 0.99, παρατηρείται ότι τα ζεύγη δεν είναι πολύ κοντά στη νοητή γραμμή και υποδεικνύουν πως υπάρχει κάποια αδυναμία στο μοντέλο, σε αντίθεση με εκείνο που έχει 0.8 σετ εκπαίδευσης, όπου βλέπουμε ότι τα ζεύγη τιμών τείνουν να συγκεντρώνονται έντονα γύρω από μια νοητή ευθεία γραμμή με θετική κλίση, αποδεικνύοντας τη συνολική δυναμική του μοντέλου.



Διάγραμμα 36 : Διάγραμμα διασποράς των δύο μοντέλων. Το χρώμα κάθε κουκκίδας αντιπροσωπεύει την απόλυτη διαφορά μεταξύ των πραγματικών και των προβλεπόμενων τιμών, με το πράσινο να υποδηλώνει μικρότερη διαφορά και το κόκκινο να δείχνει μεγαλύτερη διαφορά. Αυτό παρέχει μια πρόσθετη οπτική ένδειξη για την ακρίβεια του μοντέλου, με τις πράσινες κουκκίδες να υποδεικνύουν καλύτερη εφαρμογή και τις κόκκινες κουκκίδες που υποδηλώνουν χειρότερη εφαρμογή.

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση που διεξήχθη σε αυτή τη διατριβή είχε ως στόχο να δώσει φως στην περίπλοκη και πολύπλευρη φύση του τομέα των κρυπτονομισμάτων και της αποκεντρωμένης χρηματοοικονομικής. Μέσω ενός συνδυασμού συμπεριφορικής εξέτασης, τεχνικών και οικονομετρικών αναλύσεων, παρήχθη μια ολοκληρωμένη διερεύνηση της τρέχουσας κατάστασης των αγορών αυτών. Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε επιβεβαίωσε την παρουσία φυσαλίδων στις αγορές, ιδιαίτερα στις αρχές του έτους 2021.

Ύστερα από μια άνευ προηγουμένου άνοδο και την δημιουργία αμέτρητων νέων υποστηρικτών, η αγορά των κρυπτονομισμάτων είδε έναν σημαντικό αριθμό εταιρειών να χρεοκοπούν, προκαλώντας σοκ σε ολόκληρο τον κλάδο. Ένα ντόμινο αρνητικών εξελίξεων αποκαλύψαν κακές επιχειρηματικές τακτικές και πρακτικές διακυβέρνησης από ορισμένες εταιρείες κρυπτονομισμάτων. Παράλληλα, αποδείχθηκε ότι οι ενδιαφερόμενοι δεν έχουν διενεργήσει τη δέουσα επιμέλεια πριν αποφασίσουν να επενδύσουν.

Στο παρελθόν, ωστόσο, έχουν παρατηρηθεί κι άλλες παρόμοιες περιπτώσεις απότομων διακυμάνσεων αλλά η αγορά ανέκαμπτε και μακροχρόνια τείνει να κινείται ανοδικά. Είναι δύσκολο να δοθεί τελική απάντηση στο εάν η αγορά των κρυπτονομισμάτων και του DeFi είναι φούσκα ή όχι. Ενώ είναι σαφές ότι παρατηρήθηκαν περίοδοι έξαρσης την εποχή του κορονοϊού, οι οποίες επιβεβαιώθηκαν μέσω του ελέγχου GSADF, τα πολυάριθμα οφέλη που έχει να προσφέρει ο κλάδος καθιστούν αδύνατο τον οριστικό χαρακτηρισμό του. Ενώ φούσκες μπορεί να εμφανίζονται ανά διαστήματα, η υποκείμενη τεχνολογία και οι δυνατότητες αυτών των αγορών είναι εδώ και πρέπει να εξεταστούν προσεκτικά, προκειμένου να αξιοποιηθούν πλήρως οι δυνατότητες αυτής της αναδυόμενης τεχνολογίας. Η αποκεντρωμένη φύση αυτών των αγορών, η αυξημένη διαφάνεια και ασφάλεια που παρέχει η τεχνολογία Blockchain και η δυνατότητα αποδιαμεσολάβησης των παραδοσιακών χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων θα μπορούσαν να αλλάξουν θεμελιωδώς τον τρόπο με τον οποίο σκεφτόμαστε και χρησιμοποιούμε τα χρήματα.

Υπό το φως αυτών των πιθανών πλεονεκτημάτων, είναι σημαντικό οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής, οι επενδυτές και οι ηγέτες του κλάδου να προσεγγίσουν τις αγορές κρυπτονομισμάτων και DeFi με μια μακροπρόθεσμη προοπτική. Είναι πιθανό στο μέλλον οι αγορές να βιώσουν περαιτέρω αστάθεια, αλλά πιστεύεται πως θα αναπτύσσονται και να ωριμάζουν με την πάροδο του χρόνου. Ανεξάρτητα από το τελικό αποτέλεσμα, είναι σημαντικό για τους επενδυτές να εξετάσουν προσεκτικά τους κινδύνους και τα πιθανά οφέλη προτού λάβουν οποιοσδήποτε αποφάσεις σχετικά με την επένδυση σε αυτές τις αγορές.

Με τη βοήθεια του στατιστικού GSADF δημιουργήθηκε μια επενδυτική στρατηγική η οποία σε διάστημα 8.4 ετών απέφερε σωρευτικό κέρδος 1400% και στη συνέχεια με τη χρήση του στατιστικού και ενός μείγματος εξωγενών παραγόντων σε ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο όπως είναι το Long Short Term Memory (LSTM), δημιουργήθηκε ένα πρόγραμμα που καταφέρνει να αναγνωρίζει τάσεις, μοτίβα και συσχετίσεις πολλών ετών που έχουν επηρεάσει την τιμή του κρυπτονομίσματος και έπειτα να αξιοποιεί αυτές τις πληροφορίες για να κάνει προβλέψεις που αφορούν το μέλλον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 101Blockchains. "Chainlink (LINK) Price Prediction 2021, 2022, 2023, 2025, 2030." <https://101blockchains.com/chainlink/>.
- 228 Main. "Anatomy of a Bubble." Accessed March 23, 2023. <https://228main.com/2015/11/23/anatomy-of-a-bubble/>.
- A. A. Monrat, O. Schelén and K. Andersson, "A Survey of Blockchain From the Perspectives of Applications, Challenges, and Opportunities," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 117134-117151, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2936094
- A. Politis, K. Doka and N. Koziris, "Ether Price Prediction Using Advanced Deep Learning Models," 2021 *IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC)*, Sydney, Australia, 2021, pp. 1-3, doi: 10.1109/ICBC51069.2021.9461061
- Adrian (Wai-Kong) Cheung, Eduardo Roca & Jen-Je Su (2015) Crypto-currency bubbles: an application of the Phillips–Shi–Yu (2013) methodology on Mt. Gox bitcoin prices, *Applied Economics*, 47:23, 2348-2358, DOI: 10.1080/00036846.2015.1005827
- Alternative.me. "Crypto Fear and Greed Index." Accessed March 23, 2023. <https://alternative.me/crypto/fear-and-greed-index/>.
- Ammous, S. (2016, September 1). *Blockchain Technology: What is it Good for? Blockchain Technology: What Is It Good for?* By Saifedean Ammous :: SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2832751>
- Amsyar, I., Christopher, E., Dithi, A., Khan, A. N., & Maulana, S. (2020, August 7). *The Challenge of Cryptocurrency in the Era of the Digital Revolution: A Review of Systematic Literature | Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*. *The Challenge of Cryptocurrency in the Era of the Digital Revolution: A Review of Systematic Literature | Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*. <https://doi.org/10.34306/att.v2i2.96>
- Angeris, G., Kao, H. T., Chiang, R., Noyes, C., & Chitra, T. (2021, April 5). *An Analysis of Uniswap markets. Cryptoeconomic Systems*. <https://doi.org/10.21428/58320208.c9738e64>
- Ante, L., & Fiedler, I. (2019, April 11). *Cheap Signals in Security Token Offerings (STOs)*. *Cheap Signals in Security Token Offerings (STOs)* by Lennart Ante, Ingo Fiedler :: SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3356303>
- Antonio Briola, David Vidal-Tomás, Yuanrong Wang, Tomaso Aste, *Anatomy of a Stablecoin's failure: The Terra-Luna case*, *Finance Research Letters*, Volume 51, 2023, 103358, ISSN 1544-6123, <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103358>.
- Armstrong, S. (2018, January 1). *Bitcoin technology could take a bite out of NHS data problem*. *The BMJ*. <https://doi.org/10.1136/bmj.k1996>
- Athanasios P. Fassas, Stephanos Papadamou, Alexandros Koulis, *Price discovery in bitcoin futures*, *Research in International Business and Finance*, Volume 52, 2020, 101116, ISSN 0275-5319, <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2019.101116>.
- B. Liu, P. Szalachowski and J. Zhou, "A First Look into DeFi Oracles," 2021 *IEEE International Conference on Decentralized Applications and Infrastructures (DAPPS)*, United Kingdom, 2021, pp. 39-48, doi: 10.1109/DAPPS52256.2021.00010.
- Barry, J. J., & Street, O. L. (2020). *Re: Addressing the Regulatory, Supervisory and Oversight Challenges Raised by Global Stablecoin Arrangements*.

- Beigman, E., Brennan, G., Hsieh, S. F., & Sannella, A. J. (2021). Dynamic principal market determination: Fair value measurement of cryptocurrency. *Journal of Accounting, Auditing & Finance*, 0148558X211004134.
- Beneki, C., Koulis, A., Kyriazis, N. A., & Papadamou, S. (2019). Investigating volatility transmission and hedging properties between Bitcoin and Ethereum. *Research in International Business and Finance*, 48, 219-227.
- Besançon, L., Da Silva, C. F., Ghodous, P., & Gelas, J. P. (2022). A Blockchain Ontology for DApps Development. *IEEE Access*, 10, 49905-49933.
- Bettendorf, Timo, and Wenjuan Chen. "Are there bubbles in the Sterling-dollar exchange rate? New evidence from sequential ADF tests." *Economics Letters* 120, no. 2 (2013): 350-353. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2013.04.039>.
- Bezovski, Z., Davcev, L., & Mitreva, M. (2021). Current adoption state of cryptocurrencies as an electronic payment method. *Management Research and Practice*, 13(1), 44-50.
- Bheemaiah, Kariappa. 2017. *The Blockchain Alternative: Rethinking Macroeconomic Policy and Economic Theory*. Apress.
- Blockchain Explained: How does a transaction get into the blockchain? | Euromoney Learning. (n.d.). Blockchain Explained: How Does a Transaction Get Into the Blockchain? | Euromoney Learning. <https://www.euromoney.com/learning/blockchain-explained/how-transactions-get-into-the-blockchain>
- Charles C. Brown, Wallace E. Oates, Assistance to the poor in a federal system, *Journal of Public Economics*, Volume 32, Issue 3, 1987, Pages 307-330, ISSN 0047-2727, [https://doi.org/10.1016/0047-2727\(87\)90035-1](https://doi.org/10.1016/0047-2727(87)90035-1).
- CBNC. "Bitcoin is a bubble and a perfect example of 'faddish human behavior,' says Robert Shiller." Last modified January 25, 2018. <https://www.cnn.com/2018/01/25/bitcoin-is-a-bubble-and-a-perfect-example-of-faddish-human-behavior-says-robert-shiller.html>.
- Chakrabarti, Arijit, and Ashesh Kumar Chaudhuri. "Blockchain and its scope in retail." *International Research Journal of Engineering and Technology* 4, no. 7 (2017): 3053-3056.
- Chaum, D. (n.d.). Blind Signatures for Untraceable Payments. *Blind Signatures for Untraceable Payments* | SpringerLink. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0602-4_18
- Chen Huashan, Marcus Pendleton, Laurent Njilla, and Shouhuai Xu. 2020. A Survey on Ethereum Systems Security: Vulnerabilities, Attacks, and Defenses. *ACM Comput. Surv.* 53, 3, Article 67 (May 2021), 43 pages. <https://doi.org/10.1145/3391195>
- Cheng, I. H., Raina, S., & Xiong, W. (n.d.). Wall Street and the Housing Bubble - American Economic Association. Wall Street and the Housing Bubble - American Economic Association. <https://doi.org/10.1257/aer.104.9.2797>
- Chi-Wei Su, Zheng-Zheng Li, Ran Tao, Deng-Kui Si, RETRACTED: Testing for multiple bubbles in bitcoin markets: A generalized sup ADF test Japan and the World Economy, Volume 46, 2018, Pages 56-63, ISSN 0922-1425, <https://doi.org/10.1016/j.japwor.2018.03.004>
- Chişu, M. (2018). A pragmatic view on the financial theories. *Proceedings of the International Conference on Business Excellence*, 12(1) 197-208. <https://doi.org/10.2478/picbe-2018-0019>
- Chohan, U. W. (2021, April 2). Decentralized Finance (DeFi): An Emergent Alternative Financial Architecture. Decentralized Finance (DeFi): An Emergent Alternative Financial Architecture by Usman W. Chohan :: SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3791921>
- CoinDesk. (n.d.). Blockchain and cryptocurrency news. Retrieved March 23, 2023, from

<https://www.coindesk.com/>

CoinMarketCap. (n.d.). Charts. Retrieved March 23, 2023, from <https://coinmarketcap.com/charts/>

Cointelegraph. "DeFi: A Comprehensive Guide to Decentralized Finance." , accessed September 2021. <https://cointelegraph.com/defi-101/defi-a-comprehensive-guide-to-decentralized-finance>.

Cole, R., Stevenson, M. and Aitken, J. (2019), "Blockchain technology: implications for operations and supply chain management", *Supply Chain Management*, Vol. 24 No. 4, pp. 469-483. <https://doi.org/10.1108/SCM-09-2018-0309>

Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., & Kalyanaraman, V. (2016). *Blockchain technology: Beyond bitcoin*. *Applied Innovation*, 2(6-10), 71.

Cryptonews. (2019). *Countries Where Bitcoin is Banned or Legal in 2019*. Available at: <https://cryptonews.com/guides/countries-in-which-bitcoin-is-banned-or-legal.html>

David Dequech (2013) *Is money a convention and/or a creature of the state? the convention of acceptability, the state, contracts, and taxes*, *Journal of Post Keynesian Economics*, 36:2, 251-274, DOI: [10.2753/PKE0160-3477360204](https://doi.org/10.2753/PKE0160-3477360204)

David I. Harvey, Stephen J. Leybourne, Robert Sollis, A.M. Robert Taylor, *Tests for explosive financial bubbles in the presence of non-stationary volatility*, *Journal of Empirical Finance*, Volume 38, Part B, 2016, Pages 548-574, ISSN 0927-5398, <https://doi.org/10.1016/j.jempfin.2015.09.002>.

Davies, Glyn. 2010. *History of Money*. University of Wales Press.

Diba, B. T., & Grossman, H. I. (1988). *Explosive Rational Bubbles in Stock Prices? The American Economic Review*, 78(3), 520–530. <http://www.jstor.org/stable/1809149>

Donahue, John D. *Disunited States*. New York: HarperCollins, 1997. Available at: <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/1997/05/the-disunited-states/376854/>

E. Sin and L. Wang, "Bitcoin price prediction using ensembles of neural networks," 2017 13th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (ICNC-FSKD), Guilin, China, 2017, pp. 666-671, doi: 10.1109/FSKD.2017.8393351.

Elie Bouri, Rangan Gupta, David Roubaud, *Herding behaviour in cryptocurrencies*, *Finance Research Letters*, Volume 29, 2019, Pages 216-221, ISSN 1544-6123, <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.07.008>.

Elman, J.L. (1990), *Finding Structure in Time*. *Cognitive Science*, 14: 179-211. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1402_1

Evans, G. W. (1991). *Pitfalls in Testing for Explosive Bubbles in Asset Prices*. *The American Economic Review*, 81(4), 922–930. <http://www.jstor.org/stable/2006651>

Federal Reserve Bank of St. Louis (2018). "Functions of money, economic lowdown podcasts—education resources—St. Louis Fed." Available at: <https://www.stlouisfed.org/education/economic-lowdown-podcast-series/episode-9-functions-of-money>.

Forex Academy. (2022, October 3). *Uniswap monthly volume surpasses Coinbase*. Retrieved March 23, 2023, from <https://forex.academy/uniswap-monthly-volume-surpasses-coinbase/>

Foustalieraki, Maria. "TIME SERIES PREDICTION OF POLLUTION AND ENERGY CONSUMPTION DATA USING ARIMA AND LSTM MODELS." Master's thesis, University of Piraeus, December 2019.

George Selgin, *Synthetic commodity money*, *Journal of Financial Stability*, Volume 17, 2015, Pages 92-99, ISSN 1572-3089, <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2014.07.002>

Georgoula, I., Pournarakis, D., Bilanakos, C., Sotiropoulos, D., & Giaglis, G. M. (2015, May 18). *Using Time-Series and Sentiment Analysis to Detect the Determinants of Bitcoin Prices*. *Using Time-Series and Sentiment Analysis to Detect the Determinants of Bitcoin Prices* by Ifigeneia Georgoula, Demitrios Pournarakis, Christos Bilanakos, Dionisios Sotiropoulos, George M. Giaglis :: SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2607167>

Gerald P. Dwyer, *The economics of Bitcoin and similar private digital currencies*, *Journal of Financial Stability*, Volume 17, 2015, Pages 81-91, ISSN 1572-3089, <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2014.11.006>.

Granger, C. W. J. (1969). *Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods*. *Econometrica*, 37(3), 424–438. <https://doi.org/10.2307/1912791>

Graves, A. (2013). *Generating sequences with recurrent neural networks*. *arXiv preprint arXiv:1308.0850*.

Greenspan, A. (n.d.). *The challenge of central banking in a democratic society-Remarks by Alan Greenspan upon receiving AEI's Francis Boyer Award | Policy Commons*. *The Challenge of Central Banking in a Democratic society-Remarks by Alan Greenspan Upon Receiving AEI's Francis Boyer Award | Policy Commons*. <https://policycommons.net/artifacts/1298408/the-challenge-of-central-banking-in-a-democratic-society-remarks-by-alan-greenspan-upon-receiving-aeis-francis-boyer-award/1901680/>

Halaburda, H. (2016, November 7). *Digital Currencies: Beyond Bitcoin*. *Digital Currencies: Beyond Bitcoin* by Hanna Halaburda :: SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2865004>

Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (n.d.). *LSTM can Solve Hard Long Time Lag Problems*. *LSTM Can Solve Hard Long Time Lag Problems*. <https://proceedings.neurips.cc/paper/1996/hash/a4d2f0d23dcc84ce983ff9157f8b7f88-Abstract.html>

Homm, Ulrich, and Jörg Breitung. "Testing for Speculative Bubbles in Stock Markets: A Comparison of Alternative Methods." *Journal of Financial Econometrics* 10, no. 1 (2012): 198–231. <https://doi.org/10.1093/jfinrec/nbr009>.

I. Yenidoğan, A. Çayır, O. Kozan, T. Dağ and Ç. Arslan, "Bitcoin Forecasting Using ARIMA and PROPHET," 2018 3rd International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK), Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2018, pp. 621-624, doi: 10.1109/UBMK.2018.8566476.

Imran Yousaf, Larisa Yarovaya, *Static and dynamic connectedness between NFTs, Defi and other assets: Portfolio implication*, *Global Finance Journal*, Volume 53, 2022, 100719, ISSN 1044-0283, <https://doi.org/10.1016/j.gfj.2022.100719>

InterConsult Bulgaria Ltd., I., & Popescu, A. D. (n.d.) *CEEOL - Article Detail*. *CEEOL - Article Detail*. <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=952956>

Ittay Eyal and Emin Gün Sirer. 2018. *Majority is not enough: bitcoin mining is vulnerable*. *Commun. ACM* 61, 7 (July 2018), 95–102. <https://doi.org/10.1145/3212998>

J. Abou Jaoude and R. George Saade, "Blockchain Applications – Usage in Different Domains," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 45360-45381, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2902501.

Jani, S. (2020). *Smart contracts: Building blocks for digital transformation*. *Indira Gandhi National Open University*.

Jigar Patel, Sahil Shah, Priyank Thakkar, K Kotecha, *Predicting stock market index using fusion of machine learning techniques Expert Systems with Applications* Volume 42, Issue 4 2015, Pages 2162-2172, ISSN 0957-4174, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.10.031>

- JPMorgan Chase. "Crypto Ownership Surges: New JPMorgan Chase Research Reveals." Accessed March 23, 2023. <https://www.chase.com/personal/investments/learning-and-insights/article/crypto-ownership-surges-new-jpmorgan-chase-research-reveals>.
- K. Wüst and A. Gervais, "Do you Need a Blockchain?," 2018 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT), Zug, Switzerland, 2018, pp. 45-54, doi: 10.1109/CVCBT.2018.00011
- Kakavand, H., De Sevres, N. K., & Chilton, B. (2016, October 12). *The Blockchain Revolution: An Analysis of Regulation and Technology Related to Distributed Ledger Technologies*. *The Blockchain Revolution: An Analysis of Regulation and Technology Related to Distributed Ledger Technologies* by Hossein Kakavand, Nicolette Kost De Sevres, Bart Chilton :: SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2849251>
- Kaleem, M., & Shi, W. (2021, September 17). *Demystifying Pythia: A Survey of ChainLink Oracles Usage on Ethereum*. *Demystifying Pythia: A Survey of ChainLink Oracles Usage on Ethereum* | SpringerLink. https://doi.org/10.1007/978-3-662-63958-0_10
- Kapengut, Elie, and Bruce Mizrach. "An Event Study of the Ethereum Transition to Proof-of-Stake." *arXiv preprint arXiv:2210.13655* (2022).
- Kee H. Chung, Junbo Wang, Chunchi Wu, *Volatility and the cross-section of corporate bond returns*, *Journal of Financial Economics*, Volume 133, Issue 2, 2019, Pages 397-417, ISSN 0304-405X, <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2019.02.002>.
- Kindleberger, C. P. (2000). *Manias, panics, and crashes: a history of financial crises. The Scriblerian and the Kit-Cats*, 32(2), 379.
- Kingma, D. P., & Ba, J. (2014). *Adam: A method for stochastic optimization*. *arXiv preprint arXiv:1412.6980*.
- Kitzler, Stefan, et al. "Disentangling Decentralized Finance (DeFi) Compositions." *arXiv preprint arXiv:2111.11933* (2021).
- Kiyotaki, Nobuhiro, and Randall Wright. 1989. "On money as a medium of exchange." *Journal of Political Economy* 97 (4): 927-954.
- Klugman, J. (2013, July 20). *Decentralisation: A Survey of Literature from a Human Development Perspective*. *Decentralisation: A Survey of Literature From a Human Development Perspective* by Jeni Klugman :: SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2294658>
- Kraken. "What is Polygon (MATIC)?" Accessed on March 23, 2023. <https://www.kraken.com/learn/what-is-polygon-matic>.
- Krištoufek, L. (2015, January 1). *EconPapers: What Are the Main Drivers of the Bitcoin Price? Evidence from Wavelet Coherence Analysis*. *EconPapers: What Are the Main Drivers of the Bitcoin Price? Evidence From Wavelet Coherence Analysis*. <https://econpapers.repec.org/article/plopon00/0123923.htm>
- Lewis Gudgeon, Sam Werner, Daniel Perez, and William J. Knottenbelt. 2020. *DeFi Protocols for Loanable Funds: Interest Rates, Liquidity and Market Efficiency*. In *Proceedings of the 2nd ACM Conference on Advances in Financial Technologies (AFT '20)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 92–112. <https://doi.org/10.1145/3419614.3423254>
- Marshall Van Alstyne. 2014. *Why Bitcoin has value*. *Commun. ACM* 57, 5 (May 2014), 30–32. <https://doi.org/10.1145/2594288>
- Matta, M., Lunesu, I., & Marchesi, M. (2015, June). *Bitcoin Spread Prediction Using Social and Web Search Media*. In *UMAP workshops* (pp. 1-10).

Meegan, X. (2020). *Identifying key non-financial risks in decentralised finance on ethereum blockchain*. MIP Politecnico di Milano.

Montaz, P. P. (2022, March 27). *How Efficient is Decentralized Finance (DeFi)? How Efficient Is Decentralized Finance (DeFi)?* By Paul P. Montaz :: SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4063670>

Mouna Youssef, Sami Sobhi Waked, *Herding behavior in the cryptocurrency market during COVID-19 pandemic: The role of media coverage*, *The North American Journal of Economics and Finance*, Volume 62, 2022, 101752, ISSN 1062-9408, <https://doi.org/10.1016/j.najef.2022.101752>

N. Kshetri, "Blockchain and the Economics of Food Safety," in *IT Professional*, vol. 21, no. 3, pp. 63-66, 1 May-June 2019, doi: 10.1109/MITP.2019.2906761.

Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. *Decentralized business review*, 21260.

Nikolaos Kyriazis, Stephanos Papadamou, Shaen Corbet, *A systematic review of the bubble dynamics of cryptocurrency prices*, *Research in International Business and Finance*, Volume 54, 2020, 101254, ISSN 0275-5319, <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2020.101254>.

Osgood, R. (2016). *The future of democracy: Blockchain voting*. *COMP116: Information security*, 1-21.

P. Casas, M. Romiti, P. Holzer, S. B. Mariem, B. Donnet and B. Haslhofer, "Where is the Light(ning) in the Taproot Dawn? Unveiling the Bitcoin Lightning (IP) Network," 2021 IEEE 10th International Conference on Cloud Networking (CloudNet), Cookeville, TN, USA, 2021, pp. 87-90, doi: 10.1109/CloudNet53349.2021.9657121.

P. Treleaven, R. Gendal Brown and D. Yang, "Blockchain Technology in Finance," in *Computer*, vol. 50, no. 9, pp. 14-17, 2017, doi: 10.1109/MC.2017.3571047

Paul, H. (2010). *The South Sea Bubble: An Economic History of its Origins and Consequences (1st ed.)*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203842065>.

Pavlidis, E., Yusupova, A., Paya, I., Peel, D., Martínez-García, E., Mack, A., & Grossman, V. (2015, September 18). *Episodes of Exuberance in Housing Markets: In Search of the Smoking Gun - The Journal of Real Estate Finance and Economics*. SpringerLink. <https://doi.org/10.1007/s11146-015-9531-2>

Penman, S. H. (2002, August 17). *The Quality of Financial Statements: Perspectives from the Recent Stock Market Bubble*. *The Quality of Financial Statements: Perspectives From the Recent Stock Market Bubble* by Stephen H. Penman :: SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.319262>

Perez, D., Werner, S. M., Xu, J., & Livshits, B. (2021, October 23). *Liquidations: DeFi on a Knife-Edge*. *Liquidations: DeFi on a Knife-Edge* | SpringerLink. https://doi.org/10.1007/978-3-662-64331-0_24

Phillips, P.C.B., Wu, Y. and Yu, J. (2011), *EXPLOSIVE BEHAVIOR IN THE 1990s NASDAQ: WHEN DID EXUBERANCE ESCALATE ASSET VALUES?*. *International Economic Review*, 52: 201-226. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2354.2010.00625.x>

Phillips, P.C.B., Shi, S. and Yu, J. (2015), *TESTING FOR MULTIPLE BUBBLES: HISTORICAL EPISODES OF EXUBERANCE AND COLLAPSE IN THE S&P 500*. *International Economic Review*, 56: 1043-1078. <https://doi.org/10.1111/iere.12132>

Phillips, P.C.B. and Yu, J. (2011), *Dating the timeline of financial bubbles during the subprime crisis*. *Quantitative Economics*, 2: 455-491. <https://doi.org/10.3982/QE82>

Phillips, P.C.B., Shi, S. and Yu, J. (2015), *TESTING FOR MULTIPLE BUBBLES: LIMIT THEORY OF REAL-TIME DETECTORS*. *International Economic Review*, 56: 1079-1134. <https://doi.org/10.1111/iere.1213>

Popescu, A. D. (2020). *Transitions and concepts within decentralized finance (Defi) Space. Research Terminals in the social sciences.*

Qin, K., Zhou, L., Afonin, Y., Lazzaretti, L., & Gervais, A. (2021). *CeFi vs. DeFi--Comparing Centralized to Decentralized Finance. arXiv preprint arXiv:2106.08157.*

Ramos, D., & Zanko, G. (2020). *A Review of the Current State of Decentralized Finance as a Subsector of the Cryptocurrency Market. MobileyourLife. Available at <https://www.mobileyourlife.com/research>.*

Reinhart, C. M., & Rogoff, K. S. (2009, January 1). *This Time Is Different. De Gruyter. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/9781400831722/html?lang=de>*

Rezende, Caio, et al. "Market Bubbles: A Critical Investigation of Historical Bubbles, Forecasting Techniques and Presentation of a New Method." *ResearchGate*, 2020. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15041.56167>.

Rodríguez-Pose, A., & Bwire, A. (2004). *The Economic (in)Efficiency of Devolution. Environment and Planning A: Economy and Space*, 36(11), 1907–1928. <https://doi.org/10.1068/a36228>

S. Hochreiter and J. Schmidhuber, "Long Short-Term Memory," in *Neural Computation*, vol. 9, no. 8, pp. 1735-1780, 15 Nov. 1997, doi: 10.1162/neco.1997.9.8.1735

Salami, I. (2020, November 23). *Decentralised Finance: The Case for a Holistic Approach to Regulating the Crypto Industry. Decentralised Finance: The Case for a Holistic Approach to Regulating the Crypto Industry by Iwa Salami :: SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3733647>*

Schär, F. (2021, May 14). *Decentralized Finance: On Blockchain- and Smart Contract-Based Financial Markets. Decentralized Finance: On Blockchain- and Smart Contract-Based Financial Markets by Fabian Schär :: SSRN. <https://doi.org/10.20955/r.103.153-74>*

Sedlmeir, J., Buhl, H. U., Fridgen, G., & Keller, R. (2020, June 19). *The Energy Consumption of Blockchain Technology: Beyond Myth - Business & Information Systems Engineering. SpringerLink. <https://doi.org/10.1007/s12599-020-00656-x>*

Seeking Alpha. "New Housing Bubble? This Unique Chart Proves Otherwise." Accessed March 23, 2023. <https://seekingalpha.com/article/4050332-new-housing-bubble-this-unique-chart-proves>.

Sergey Nazarov. "Chainlink 2.0: Next Steps in the Evolution of Decentralized Oracle Networks." *Chainlink, <https://blog.chain.link/chainlink-2-0-next-steps-in-the-evolution-of-decentralized-oracle-networks/>*.

Shaen Corbet, Brian Lucey, Andrew Urquhart, Larisa Yarovaya, *Cryptocurrencies as a financial asset: A systematic analysis, International Review of Financial Analysis, Volume 62, 2019, Pages 182-199, ISSN 1057-5219, <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2018.09.003>*

Siddiqui, S.. *How would we find a better activation function than ReLU? Medium. <https://medium.com/shallow-thoughts-about-deep-learning/how-would-we-find-a-better-activation-function-than-relu-4409df217a5c>, (2019, January 1).*

Stampernas, S. (2018). *Blockchain technologies and smart contracts in the context of the Internet of Things (Doctoral dissertation, University of Piraeus (Greece)).*

T. Phaladisailoed and T. Numnonda, "Machine Learning Models Comparison for Bitcoin Price Prediction," 2018 10th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE), Bali, Indonesia, 2018, pp. 506-511, doi: 10.1109/ICITEED.2018.8534911.

Tether: <http://tether.to> (2021).

The Maker Team. "The Dai Stablecoin System - Whitepaper." MakerDAO, <https://makerdao.com/>.

Thomas Quistgaard Pedersen, Erik Christian Montes Schütte, Testing for explosive bubbles in the presence of autocorrelated innovations, *Journal of Empirical Finance* Volume 58, 2020, Pages 207-225, ISSN 0927-5398, <https://doi.org/10.1016/j.jempfin.2020.06.002>

Tolmach, P., Li, Y., Lin, S. W., & Liu, Y. (2021, September 17). Formal Analysis of Composable DeFi Protocols. *Formal Analysis of Composable DeFi Protocols* | SpringerLink. https://doi.org/10.1007/978-3-662-63958-0_13

Triple A. "Global Cryptocurrency Ownership Data 2021." (2021). Available at: <https://triple-a.io/crypto-ownership/>

Vasilopoulos, Kostas, Efthymios Pavlidis, and Enrique Martinez-Garcia. "Exuber: Recursive Right-Tailed Unit Root Testing with R." Accessed March 23, 2023. <https://cran.r-project.org/web/packages/Exuber/vignettes/Exuber.pdf>.

Victorian Era. "The South Sea Bubble." Accessed March 23, 2023. <https://victorian-era.org/the-south-sea-bubble.html/south-sea-stock-graph-620x445>.

Wang, D., Zhou, J., Wang, A., & Finestone, M. (2018). Loopring: A decentralized token exchange protocol. URL https://github.com/Loopring/whitepaper/blob/master/en_whitepaper.pdf.

Weber, B. (2016, January 1). Bitcoin and the legitimacy crisis of money. OUP Academic. <https://doi.org/10.1093/cje/beu067>

Yiu, Matthew S., Jun Yu, and Lu Jin. "Detecting bubbles in Hong Kong residential property market." *Journal of Asian Economics* 28 (2013): 115-124. <https://doi.org/10.1016/j.asieco.2013.04.005>.

Yizhi Wang, Volatility spillovers across NFTs news attention and financial markets, *International Review of Financial Analysis*, Volume 83, 2022, 102313, ISSN 1057-5219, <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2022.102313>

Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K. (2016, October 3). Where Is Current Research on Blockchain Technology?—A Systematic Review. *Where Is Current Research on Blockchain Technology?—A Systematic Review* | PLOS ONE. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477>

Zhao, W., Li, H., & Yuan, Y. (2021, September 17). Understand Volatility of Algorithmic Stablecoin: Modeling, Verification and Empirical Analysis. *Understand Volatility of Algorithmic Stablecoin: Modeling, Verification and Empirical Analysis* | SpringerLink. https://doi.org/10.1007/978-3-662-63958-0_8

Σαχινίδης, Θεόφιλος. "Πρόσβαση σε Δίκτυα Βασισμένα σε Blockchain." *Master's thesis, Σαχινίδης Θεόφιλος*, 2021.