



ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΚΑΙ
ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ

Διπλωματική Εργασία

ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΑ :
ΜΙΑ ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

ΤΟΥ

ΣΤΕΦΑΝΙΔΗ ΗΛΙΑ

Επιβλέπων Καθηγητής: Παπαναστασίου Ιωάννης

Υποβλήθηκε ως απαιτούμενο για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος

στη

Λογιστική και Χρηματοοικονομική

Δεκέμβριος 2020

*Αφιερωμένη
Στην Μητέρα μου και στον Αδερφό μου.*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει σκοπό την ανάλυση των κρυπτονομισμάτων Bitcoin, Litecoin, XRP, ETH, Bitcoin Cash και ADA από τις 01-08-2015 έως τις 31-07-2020. Σκοπός της διπλωματικής μου είναι να αναλύσω την συμπεριφορά των κρυπτονομισμάτων, το πώς τα επηρέασε η πανδημία και τέλος να εξετάσω αν υπάρχει σχέση συνολοκλήρωσης μεταξύ κάποιων κρυπτονομισμάτων ώστε να παρουσιάσω την μέθοδο Pairs Trading. Καθώς η θεωρία αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της εμπειρικής μελέτης, στα κεφάλαια 2 & 3 παρουσιάζονται τα υπό μελέτη νομίσματα καθώς και η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε. Το εμπειρικό κομμάτι χωρίζεται σε 3 μέρη. Στο πρώτο μέρος (Κεφάλαιο 4^ο) παρουσιάζω αναλυτικά την διαχρονική πορεία της τιμής και των αποδόσεων των υπό μελέτη κρυπτονομισμάτων. Αναδεικνύεται η κοινή πορεία της τιμής και ακολουθεί η συγκριτική μελέτη των περιγραφικών στατιστικών. Παρατηρείται το φαινόμενο των Fat Tails (παχιές ουρές) και επαληθεύεται η γενική γνώμη της ύπαρξης μεγάλων αποδόσεων στο Market. Στην συνέχεια παρατηρείται πως οι χρονολογικές σειρές των υπό μελέτη μεταβλητών είναι I(1) όπως συμβαίνει στις περισσότερες χρονολογικές σειρές. Στο τέλος του 4^ο κεφαλαίου εξετάζω αν η απόδοση και η διακύμανση των υπό μελέτη κρυπτονομισμάτων επηρεάστηκε από την πανδημία. Προκύπτει πως το ETH και το ADA επηρεάστηκαν θετικά ως προς την απόδοση από την πανδημία και εκτός από το ETH όλα τα υπόλοιπα επηρεάστηκαν ως προς τον κίνδυνο. Εξάγεται το συμπέρασμα πως για λόγους αβεβαιότητας ο επενδυτής στράφηκε προς τα κρυπτονομίσματα. Στο Κεφάλαιο 5^ο μέσω της μεθόδου ARDL αποδεικνύω πως ο Covid-19 δεν παρουσιάζει μια μακροχρόνια σχέση με τα κρυπτονομίσματα. Στη συνέχεια γίνεται μη παραμετρικός έλεγχος για την μέση ημερήσια απόδοση και διακύμανση των νομισμάτων. Αναφέρεται η τεράστια εκτόξευση της απόδοσης του ADA (800%) και δημιουργείται το ερώτημα για ποιο λόγο οι επενδυτές προτίμησαν αυτό το νόμισμα. Επίσης παρατηρείται πως η πανδημία επηρέασε περισσότερο την μεταβλητότητα και όχι τόσο την απόδοση. Μάλιστα παρατηρήθηκε μείωση του κινδύνου πράγμα το οποίο αξίζει να μελετηθεί. Στο 6^ο Κεφάλαιο εξετάζω αν υπάρχει σχέση συνολοκλήρωσης μεταξύ των υπό μελέτη κρυπτονομισμάτων. Αποδεικνύω πως ο Market-Leader Bitcoin δεν έχει μακροχρόνια σχέση με κανένα άλλο υπό μελέτη κρυπτονομίσμα μέσω της μεθόδου Johansen. Στη

συνέχεια χρησιμοποιώ την μέθοδο Engle & Granger για να βρω συνολοκληρωμένα ζεύγη ώστε να εφαρμόσω την μέθοδο Pairs Trading.

ABSTRACT

This thesis focuses on the analysis of Bitcoin, Litecoin, XRP, ETH, Bitcoin Cash and ADA cryptocurrencies during the period 01/08/2015 until 31/07/2020. The main objective is the analysis of the way cryptocurrencies respond to circumstances such as the pandemic, while examining whether there is a cointegration between some cryptocurrencies in order to present the Pairs Trading Method. Taking into account that theory is an integral part of the empirical study, in chapters 2 and 3 the aforementioned currencies and the used methodology are presented. The empirical part consists of three subparts.

The first part (Chapter 4) thoroughly examines the diachronic progression of cryptocurrencies' rate of exchange and rate of return, along with the comparative study of the descriptive statistics. Here, the Fat Tails phenomenon is observed and it is confirmed that there is a high rate of return in the cryptocurrency Market. Furthermore, the time series of the variables are $I(1)$, as in most time series. Finally, it is considered whether the pandemic really affected the rate of return and the variation of the cryptocurrencies; the conclusion is that ETH and ADA are positively affected in terms of the rate of return and the rest are affected in terms of risk, except for ETH. It is deduced that the investor turned on the cryptocurrencies for reasons of uncertainty.

In chapter 5, through the ARDL method, it has been proven that Covid-19 does not have a long-run relationship with the cryptocurrencies. Moreover, a non-parametric test for the daily average rate of return and variance of the cryptocurrencies takes place, according to which the ADA's rate of return has an 800% increase and the question that arises is why investors opted for this currency. As for the issue of the pandemic, the most affected aspect is the variability and not the rate of return; interestingly, there was a decrease of risk, something that should be further examined.

Chapter 6 discusses whether there is cointegration between the cryptocurrencies. Through the Johansen method, it is demonstrated that Market-Leader Bitcoin does not have a long-run relationship with no other cryptocurrency. Later on, the Engle & Granger method is used to find cointegrated pairs in order to apply the Pairs Trading Method.

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΩΝ.....	2
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	6
3.1 Εισαγωγή	6
3.2 Στασιμότητα.....	6
3.3 Έλεγχοι μοναδιαίας ρίζας	7
3.4 Συνολοκλήρωση (Cointegration).....	11
3.5 Μέθοδοι Συνολοκλήρωσης.....	13
3.6 Μοντέλα ARCH-GARCH	18
3.7 Pairs Trading.....	19
4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΩΝ.....	21
4.1 Ανάλυση Τιμής	21
4.2 Ανάλυση των Αποδόσεων – Περιγραφικά Στατιστικά Κρυπτονομισμάτων.....	26
4.3 Έλεγχος Στασιμότητας Κρυπτονομισμάτων.....	28
4.4 Η επίδραση του Covid-19 στα Κρυπτονομίσματα	34
5. ΣΥΝΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ-ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΣΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ – ΚΙΝΔΥΝΟΥ	38
5.1 Εισαγωγή	38
5.2 Συνολοκλήρωση.....	38
5.3 Έλεγχος Υποθέσεων Μέσης Τιμής Αποδόσεων και Εκτίμηση Κινδύνου	41
6. PAIRS TRADING	48
6.1 Εισαγωγή	48
6.2 Έλεγχος Συνολοκλήρωση Johansen	48
6.3 Έλεγχος Συνολοκλήρωσης Engle&Granger	56
6.4 The Unrestricted Strategy	57
6.5 The Restricted Strategy.....	58
7. REFERENCES	59

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	63
-------------------	----

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 4.1 Περιγραφικά Στατιστικά.....	27
Πίνακας 4.2 Null Hypothesis BTC has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length : 0 (Automatic-based on Sic, maxlag=24).....	28
Πίνακας 4.3 Null Hypothesis: BTC is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 33 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel	28
Πίνακας 4.4 Null Hypothesis: D(BTC) has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=24).....	29
Πίνακας 4.5 Null Hypothesis: D(BTC) is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 9 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel.....	29
Πίνακας 4.6 Null Hypothesis: LTC has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 14 (Automatic - based on SIC, maxlag=24)	29
Πίνακας 4.7 Null Hypothesis: LTC is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 33 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel	30
Πίνακας 4.8 Null Hypothesis: D(LTC) has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 13 (Automatic - based on SIC, maxlag=24).....	30
Πίνακας 4.9 Null Hypothesis: D(LTC) is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 19 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel	30
Πίνακας 4.10 Null Hypothesis: XRP has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 1 (Fixed)	30
Πίνακας 4.11 Null Hypothesis: XRP is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 33 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel	30
Πίνακας 4.12 Null Hypothesis: XRP has a unit root, Exogenous: Constant, Lag length: 18 (Spectral OLS AR based on SIC, maxlag=24)	31
Πίνακας 4.13 Null Hypothesis: D(XRP) has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 1 (Fixed)	31
Πίνακας 4.14 Null Hypothesis: D(XRP) is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 20 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel.....	31
Πίνακας 4.15 Null Hypothesis: ETH has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 4 (Fixed)	31
Πίνακας 4.16 Null Hypothesis: ETH is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 33 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel	31

<i>Πίνακας 4.17 Null Hypothesis: D(ETH) has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 4 (Fixed)</i>	<i>32</i>
<i>Πίνακας 4.18 Null Hypothesis: D(ETH) is stationary, Exogenous: Constant , Bandwidth: 17 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel</i>	<i>32</i>
<i>Πίνακας 4.19 Null Hypothesis: BCH has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 4 (Automatic - based on SIC, maxlag=21).....</i>	<i>32</i>
<i>Πίνακας 4.20 Null Hypothesis: BCH is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 25 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel</i>	<i>32</i>
<i>Πίνακας 4.21 Null Hypothesis: D(BCH) has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 3 (Automatic - based on SIC, maxlag=21).....</i>	<i>32</i>
<i>Πίνακας 4.22 Null Hypothesis: D(BCH) is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 9 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel.....</i>	<i>33</i>
<i>Πίνακας 4.23 Null Hypothesis: ADA has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 1 (Fixed)</i>	<i>33</i>
<i>Πίνακας 4.24 Null Hypothesis: ADA is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 25 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel</i>	<i>33</i>
<i>Πίνακας 4.25 Null Hypothesis: D(ADA) has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 1 (Fixed)</i>	<i>33</i>
<i>Πίνακας 4.26 Null Hypothesis: D(ADA) is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 10 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel.....</i>	<i>33</i>
<i>Πίνακας 4.27 Dependent Variable: RBTC, Method: ML ARCH - Normal distribution (OPG - BHHH / Marquardt steps), Sample (adjusted): 8/02/2015 7/31/2020, Included observations: 1826 after adjustments, Convergence achieved after 300 iterations, Coefficient covariance computed using outer product of gradients, Presample variance: backcast (parameter = 0.7) GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1) + C(6)*DUMCOVID.....</i>	<i>34</i>
<i>Πίνακας 4.28 Dependent Variable: RLTC, Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps), Sample (adjusted): 8/02/2015 7/31/2020, Included observations: 1826 after adjustments, Convergence achieved after 32 iterations, Coefficient covariance computed using outer product of gradients, Presample variance: backcast (parameter = 0.7), GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1) + C(6)*DUMCOVID.....</i>	<i>35</i>
<i>Πίνακας 4.29 Dependent Variable: RXRP, Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps), Sample (adjusted): 8/02/2015 7/31/2020, Included</i>	

<i>observations: 1826 after adjustments, Convergence achieved after 25 iterations, Coefficient covariance computed using outer product of gradients, Presample variance: backcast (parameter = 0.7), GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1) + C(6)*DUMCOVID.....</i>	<i>35</i>
<i>Πίνακας 4.30 Dependent Variable: RETH, Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps), Sample (adjusted): 8/08/2015 7/31/2020, Included observations: 1820 after adjustments, Convergence achieved after 35 iterations, Coefficient covariance computed using outer product of gradients, Presample variance: backcast (parameter = 0.7), GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1) + C(6)*DUMCOVID.....</i>	<i>36</i>
<i>Πίνακας 4.31 Dependent Variable: RBCH, Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps), Sample (adjusted): 7/24/2017 7/31/2020, Included observations: 1104 after adjustments, Convergence achieved after 33 iterations, Coefficient covariance computed using outer product of gradients, Presample variance: backcast (parameter = 0.7), GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1) + C(6)*DUMCOVID.....</i>	<i>36</i>
<i>Πίνακας 4.32 Dependent Variable: RADA, Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps), Sample (adjusted): 10/02/2017 7/31/2020, Included observations: 1034 after adjustments, Convergence achieved after 32 iterations, Coefficient covariance computed using outer product of gradients, Presample variance: backcast (parameter = 0.7), GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1) + C(6)*DUMCOVID.....</i>	<i>37</i>
<i>Πίνακας 5.1 Dependent Variable: D(LBTC), Selected Model: ARDL(5, 1), Sample: 1/22/2020 7/31/2020</i>	<i>38</i>
<i>Πίνακας 5.2 Dependent Variable: D(LLTC), Selected Model: ARDL(5, 1), Sample: 1/22/2020 7/31/2020</i>	<i>39</i>
<i>Πίνακας 5.3 Dependent Variable: D(LXRP), Selected Model: ARDL(5, 1), Sample: 1/22/2020 7/31/2020</i>	<i>39</i>
<i>Πίνακας 5.4 Dependent Variable: D(LETH), Selected Model: ARDL(5, 1), Sample: 1/22/2020 7/31/2020</i>	<i>39</i>
<i>Πίνακας 5.5 Dependent Variable: D(LBCH), Selected Model: ARDL(5, 1), Sample: 1/22/2020 7/31/2020</i>	<i>40</i>
<i>Πίνακας 5.6 Dependent Variable: D(LADA), Selected Model: ARDL(3, 1), Sample: 1/22/2020 7/31/2020</i>	<i>40</i>

Πίνακας 5.7	Statistics για τα RBTC, RTC, RXP πριν και μετά την πανδημία	41
Πίνακας 5.8	Έλεγχος Mann-Whitney U για τα RBTC, RLTC, RXP	41
Πίνακας 5.9	Statistics για το RETH πριν και μετά την πανδημία	42
Πίνακας 5.10	Έλεγχος Mann-Whitney U για το RETH	42
Πίνακας 5.11	Statistics για το RBCH	42
Πίνακας 5.12	Έλεγχος Mann-Whitney U για το RBCH	42
Πίνακας 5.13	Statistics για το RADA	43
Πίνακας 5.14	Έλεγχος Mann-Whitney U για το RADA	43
Πίνακας 5.15	Heteroskedasticity Test: ARCH, Variable: RBTC	43
Πίνακας 5.16	Heteroskedasticity Test: ARCH, Variable: RLTC	43
Πίνακας 5.17	Heteroskedasticity Test: ARCH, Variable: RXP	44
Πίνακας 5.18	Heteroskedasticity Test: ARCH, Variable: RETH	44
Πίνακας 5.19	Heteroskedasticity Test: ARCH, Variable: RBCH	44
Πίνακας 5.20	Heteroskedasticity Test: ARCH, Variable: RADA	44
Πίνακας 5.21	Μέση τιμή διακύμανσης RBTC,RLTC,RXP	45
Πίνακας 5.22	Mann-Whitney U test για τα RBTC, RLTC, RXP	45
Πίνακας 5.23	Μέση τιμή διακύμανσης RETH	45
Πίνακας 5.24	Mann-Whitney U test για την Garch_RETH	45
Πίνακας 5.25	Μέση τιμή διακύμανσης RBCH	46
Πίνακας 5.26	Mann-Whitney U test για την Garch_RBCH	46
Πίνακας 5.27	Μέση τιμή διακύμανσης RADA	46
Πίνακας 5.28	Mann-Whitney U test για την Garch_RADA	47
Πίνακας 6.1	Συσχέτιση Κρυπτονομισμάτων	48
Πίνακας 6.2	Trace – Max-Eigenvalue test για τα ADA BCH BTC ETH LTC XRP	49
Πίνακας 6.3	Trace – Max-Eigenvalue test για τα BTC, LTC, XRP, ETH, ADA	50
Πίνακας 6.4	Trace – Max-Eigenvalue test για τα BTC, LTC, XRP, BCH, ADA	51
Πίνακας 6.5	Trace – Max-Eigenvalue test για τα BTC, LTC, ETH, BCH, ADA	52
Πίνακας 6.6	Trace – Max-Eigenvalue test για τα BTC, XRP, ETH, BCH, ADA	53
Πίνακας 6.7	Trace – Max-Eigenvalue test για τα LTC, XRP, ETH, BCH, ADA	54
Πίνακας 6.8	Trace – Max-Eigenvalue test για τα BTC, LTC, XRP, ETH, BCH	55
Πίνακας 6.9	Engle & Granger Cointegration Test LTC-XRP	56
Πίνακας 6.10	Engle & Granger Cointegration Test LTC-ETH	56
Πίνακας 6.11	Engle & Granger Cointegration Test LTC-BCH	56
Πίνακας 6.12	Engle & Granger Cointegration Test LTC-ADA	56

<i>Πίνακας 6.13 Engle & Granger Cointegration Test XRP-ETH</i>	56
<i>Πίνακας 6.14 Engle & Granger Cointegration Test XRP-BCH</i>	56
<i>Πίνακας 6.15 Engle & Granger Cointegration Test XRP-ADA</i>	57
<i>Πίνακας 6.16 Engle & Granger Cointegration Test ETH-BCH</i>	57
<i>Πίνακας 6.17 Engle & Granger Cointegration Test ETH-ADA</i>	57
<i>Πίνακας 6.18 Engle & Granger Cointegration Test BCH-ADA</i>	57
<i>Πίνακας 8.1 Error Correction Model, Variable: LBTC</i>	63
<i>Πίνακας 8.2 Error Correction Model, Variable: D(LLTC)</i>	63
<i>Πίνακας 8.3 Error Correction Model, Variable: D(LXRP)</i>	64
<i>Πίνακας 8.4 Error Correction Model, Variable: D(LETH)</i>	64
<i>Πίνακας 8.5 Error Correction Model, Variable: D(LBCH)</i>	65
<i>Πίνακας 8.6 Error Correction Model, Variable D(LADA)</i>	65
<i>Πίνακας 8.7 Μοντέλο Garch(1,1) για το RBTC</i>	66
<i>Πίνακας 8.8 Μοντέλο Garch(1,1) για το RLTC</i>	67
<i>Πίνακας 8.9 Μοντέλο Garch(1,1) για το RXP</i>	68
<i>Πίνακας 8.10 Μοντέλο Garch(1,1) για το RETH</i>	69
<i>Πίνακας 8.11 Μοντέλο Garch(1,1) για το RBCH</i>	70
<i>Πίνακας 8.12 Μοντέλο Garch(1,1) για το RADA</i>	71
Κατάλογος Εικόνων	
<i>Figure 4.1 Διαγράμματα Τιμών</i>	21
<i>Figure 4.2 Διαγράμματα Αποδόσεων</i>	26
<i>Figure 8.1 Garch_RBTC</i>	66
<i>Figure 8.2 Garch_RLTC</i>	67
<i>Figure 8.3 Garch_RXRP</i>	68
<i>Figure 8.4 Garch_RETH</i>	69
<i>Figure 8.5 Garch_RBCH</i>	70
<i>Figure 8.6 Garch_RADA</i>	71
<i>Figure 8.7 Spread(Standardized) LTC-XRP</i>	72
<i>Figure 8.8 Spread(Standardized) LTC-ETH</i>	72
<i>Figure 8.9 Spread(Standardized) LTC-BCH</i>	73
<i>Figure 8.10 Spread(Standardized) LTC-ADA</i>	73
<i>Figure 8.11 Spread(Standardized) XRP-ETH</i>	74
<i>Figure 8.12 Spread(Standardized) XRP-BCH</i>	74
<i>Figure 8.13 Spread(Standardized) XRP-ADA</i>	75

<i>Figure 8.14 Spread(Standardized) ETH-BCH.....</i>	<i>75</i>
<i>Figure 8.15 Spread(Standardized) ETH-ADA.....</i>	<i>76</i>
<i>Figure 8.16 Spread(Standardized) BCH-ADA.....</i>	<i>76</i>

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αγορά των κρυπτονομισμάτων έχει μεγαλώσει πάρα πολύ τα τελευταία χρόνια και έχει κερδίσει το ενδιαφέρον των επενδυτών. Το πρώτο κρυπτονόμισμα ήταν το Bitcoin το οποίο δημιουργήθηκε το 2008. Η αγορά των κρυπτονομισμάτων είναι ιδιαίτερα γνωστή για τις μεγάλες αποδόσεις και την μεγάλη μεταβλητότητα της. Μια τέτοια αγορά χρειάζεται ιδιαίτερη μελέτη διότι μπορεί να αποδειχτεί ιδιαίτερα επικίνδυνη. Έτσι ο επενδυτής πρέπει να βρει ισχυρές σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών, καθώς και να εξετάσει τους παράγοντες που επηρέασαν την αγορά. Στην περίπτωση μας ο Covid19 αποτελεί έναν παράγοντα.

Η θεωρία της Συνολοκλήρωσης (Cointegration) του Engle & Granger το 1987 είναι μια τεχνική η οποία εξετάζει εάν υπάρχει μακροχρόνια σχέση μεταξύ δύο χρονολογικών σειρών (Engle and Granger, 1987). Για περισσότερες χρηματοοικονομικές μεταβλητές χρησιμοποιείται η μέθοδος Johansen (Johansen, 1988). Ειδικά για μικρά δείγματα συνίσταται η μέθοδος ARDL (Όπως και στην περίπτωση του Covid-19). Εάν οι χρονολογικές σειρές είναι συνολοκληρωμένες τότε υπάρχει μια μακροχρόνια σχέση μεταξύ τους και μια απόκλιση την ισορροπία δεν είναι τίποτα άλλο παρά προσωρινό φαινόμενο και θα διορθωθεί. Είναι μια πολύ δυνατή σχέση της οποίας η ύπαρξη έχει ιδιαίτερη σημασία για έναν αναλυτή.

Η μέθοδος Pairs Trading εκμεταλλεύεται την ύπαρξη της συνολοκλήρωσης και ειδικότερα αυτή την βραχυχρόνια απόκλιση από την μακροχρόνια ισορροπία. Η Pairs Trading Strategy είναι μια Market-Neutral στρατηγική με την έννοια πως ακόμα και αν το Market υποστεί ένα Crash ο επενδυτής θα έχει κέρδος από το short position και απώλειες από το long position, αφήνοντας τον με μηδέν κέρδη παρά τις μεγάλες απώλειες του Market.

Με τις παραπάνω μεθόδους μπορούμε όχι μόνο να αναλύσουμε την αγορά, αλλά και δημιουργήσουμε ένα portfolio με χαμηλό ρίσκο, πράγμα το οποίο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε μια αγορά με μεγάλη μεταβλητότητα.

2. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΩΝ

Bitcoin

Το Bitcoin ήταν το πρώτο αποκεντρωμένο ψηφιακό νόμισμα. Δημιουργήθηκε το 2008 με την δημοσίευση του «white paper» με τίτλο «Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash Systems» από τον Satoshi Nakamoto. Σκοπός του Bitcoin είναι τα χρησιμοποιηθεί ως μέσο πληρωμής όπως και τα συμβατικά νομίσματα αλλά χωρίς τη διαμεσολάβηση χρηματοπιστωτικού οργανισμού. (Antonopoulos, 2015)

Οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν το δίκτυο του Bitcoin για την μεταφορά του ψηφιακού νομίσματος. Οι συναλλαγές επικυρώνονται μέσω της διαδικασίας «mining». Κάθε μέλος του δικτύου μπορεί να λειτουργήσει ως miner και να χρησιμοποιήσει την υπολογιστική του ισχύ ώστε να επικυρώσει τις συναλλαγές των Bitcoin. Η διαδικασία αυτή γίνεται κατά μέσο όρο ανά 10 λεπτά και ο miner αμείβεται με νέα Bitcoins και «transaction fees» (Antonopoulos, 2015). Οι συναλλαγές του Bitcoin είναι δημόσιες με την έννοια ότι κάθε χρήστης μπορεί να δει ποσά Bitcoin που μεταφέρθηκαν στο δίκτυο. Σημαντικό γεγονός αποτελεί ότι το μέσω του Bitcoin βρέθηκε λύση στο «Πρόβλημα των Βυζαντινών Στρατηγών». Το πρόβλημα αναφέρεται στην προσπάθεια συμφωνίας για ένα πρόβλημα ανταλλάζοντας πληροφορία σε ένα δίκτυο το οποίο δεν είναι τόσο αξιόπιστο. Το Bitcoin μέσω του proof-of-work λύνει αυτό το πρόβλημα δίνοντας του την ικανότητα να επιτύχει κοινές αποδεκτές λύσεις σε έναν δίκτυο χωρίς κεντρική αρχή. Σήμερα το Bitcoin είναι το μεγαλύτερο σε κεφαλαιοποίηση ψηφιακό νόμισμα και κατέχει μεγάλο κομμάτι της αγοράς των κρυπτονομισμάτων.

Litecoin

Το Litecoin δημιουργήθηκε το 2011 από τον Charlie Lee, απόφοιτο του MIT ακολουθώντας τα βήματα του Bitcoin (REIFF, 2020a). Είναι ένα αποκεντρωμένο ψηφιακό νόμισμα το οποίο επιτρέπει τις συναλλαγές με πολύ χαμηλό κόστος. Η διαφορά του με το Bitcoin είναι η ταχύτητα του δεδομένου ότι τα blocks παράγονται πιο γρήγορα και έτσι δεν αργεί η επιβεβαίωση συναλλαγών κάνοντας το software του να μην χρειάζεται κάποια αλλαγή στο μέλλον. Το Litecoin παράγεται μέσω του mining και αμείβει αυτή τη στιγμή τους miners με 12.5 Litecoin για κάθε νέο block ποσότητα η οποία υποδιπλασιάζεται κάθε 4 χρόνια. (Litecoin, 2020). Παρόλα αυτά ο αλγόριθμος

του Litecoin (Scrypt) απαιτεί μεγαλύτερη ισχύ ώστε να παραχθούν νέα blocks το οποίο σημαίνει παραπάνω κόστος από ότι το Bitcoin. Από τη στιγμή της δημιουργίας του το Litecoin χαρακτηρίστηκε από τους χρήστες ως ψηφιακό ασήμι έναντι του Bitcoin το οποίο θεωρείται ο «ψηφιακός χρυσός» (FRANKENFIELD, 2018b).

XRP

Η εταιρεία Ripple ιδρύθηκε το 2012 με σκοπό την διευθέτηση πληρωμών σε πραγματικό χρόνο με πολύ μικρό κόστος. Σκοπός της είναι η χρήση του δικτύου της για πληρωμές από μεγάλες εταιρίες και χρηματοπιστωτικά ιδρύματα σε παγκόσμιο επίπεδο.

Το δίκτυο χρησιμοποιεί το XRP ως νόμισμα για πληρωμές. Σε αντίθεση με το Bitcoin το XRP είναι pre-mined. Η έννοια αυτή συνεπάγεται πως το XRP δεν δημιουργείται και συνεπώς δεν υπάρχει καθυστέρηση στο δίκτυο από μη επικυρωμένες συναλλαγές. Αντίθετα όμως μπορούν να εισαχθούν XRP στην αγορά είτε να αφαιρεθούν. Αυτό γίνεται κυρίως για λόγους ρευστότητας της αγοράς (REIFF, 2020a). Η Ripple χρησιμοποιεί το XRP ώστε να εξασφαλίζει τις συναλλαγές σε συνάλλαγμα. Ως εταιρία η Ripple έχει εφεύρει και το xRapid ένα προϊόν το οποίο και αυτό χρησιμοποιεί το XRP και λειτουργεί ως γέφυρα από τους οργανισμούς για την μεταφορά δύο διαφορετικών νομισμάτων. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η Ripple πολύ σημαντικά. Για παράδειγμα μια τράπεζα θα μπορούσα να αποφύγει την προχρηματοδότηση άλλων λογαριασμών για τη διασφάλιση ρευστότητας (SHARMA, 2018). Βέβαια καθώς η τιμή του XRP καθορίζεται από την προσφορά και ζήτηση αποτελούν έναν εξωτερικό κίνδυνο για έναν οργανισμό κατά τη διαδικασία μεταφοράς χρηματικών ποσών και θέλει ιδιαίτερη προσοχή.

Ethereum

Η ιδέα του Ethereum παρουσιάστηκε το 2013 από τον Vitalik Buterin και επίσημα δημιουργήθηκε το 2015. Το Ethereum είναι μια open-source πλατφόρμα η οποία έχει το δικό της δίκτυο και γλώσσα προγραμματισμού (Solidity). Έχει το δικό της ψηφιακό νόμισμα το Ether και χρησιμοποιεί την τεχνολογία του Blockchain. Το Ethereum επιτρέπει την δημιουργία των Smart Contracts καθώς και αποκεντρωμένων εφαρμογών. Ένα smart contract είναι κομμάτι κώδικα το οποίο τρέχει πάνω στο Ethereum. Το Ethereum επιτρέπει στους προγραμματιστές να χτίζουν αποκεντρωμένες εφαρμογές οι οποίες ονομάζονται Dapps. Παρόλα αυτά το ψηφιακό νόμισμα Ether

μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιαδήποτε άλλη συναλλαγή (FRANKENFIELD, 2020). Το Ethereum είναι το δεύτερο μεγαλύτερο ψηφιακό νόμισμα μετά το Bitcoin έχοντας γίνει αποδεκτό στα μεγαλύτερα πλέον ανταλλακτήρια. (Coinmarketcap, 2020). Όπως και το Bitcoin το Ethereum χρησιμοποιεί το mining για την παραγωγή και έτσι οι miners είναι υπεύθυνοι για την ομαλή λειτουργία του δικτύου.

BCH

Το Bitcoin χρησιμοποιεί την τεχνολογία Blockchain. Πρόκειται για μια μεγάλη αλυσίδα open source στην μέσα από την οποία ο καθένας μπορεί να δει το ιστορικό των πραγματοποιημένων συναλλαγών. Συνεχίζει να λειτουργεί ως ένα ανοιχτού κώδικα project με τη δυνατότητα αλλαγών μετά από συμφωνία της κοινότητας. Το μεγάλο ενδιαφέρον του κόσμου για το Bitcoin είχε ως αποτέλεσμα την ραγδαία αύξηση των απλών χρηστών, των miners και προγραμματιστών. Η αύξηση της αξίας του bitcoin είχε ως αποτέλεσμα την προσέλκυση επενδυτών και την δημιουργία ολόκληρων εταιριών οι οποίες έφτιαχναν hardware για mining και είχαν στην κατοχή τους mining pools καθώς ο αλγόριθμος επίλυσης των νέων blocks είχε δυσκολέψει πολύ (Islam, Mäntymäki and Turunen, 2019). Έτσι καθώς δημιουργήθηκαν συμφέροντα δημιουργήθηκαν και διαφωνίες και το Bitcoin οδηγήθηκε στο πρώτο του Hard-Fork στις 1 Αυγούστου το 2017 με αποτέλεσμα τη δημιουργία του Bitcoin Cash (BCH). Η διαφωνία αφορούσε το scalability του Bitcoin. Το δίκτυο του υποστηρίζει 1mb για κάθε block ενώ το BCH ξεκίνησε με 8mb block size και το 2017 αναβαθμίστηκε σε 32 Mb (Bitcoin Cash, 2020). Τα μεγαλύτερα block του επιτρέπουν την ταχύτερη επεξεργασία πληροφορίας, πιο γρήγορες τις συναλλαγές αλλά και πιο φθηνές κάνοντας το BCH ένα μεγάλο ανταγωνιστή του BTC (REIFF, 2020b).

Cardano

Το Cardano είναι ένα project το οποίο δημιουργήθηκε το 2015 από την εταιρία Input Output Hong Kong και ολοκληρώθηκε το 2017. Το project ξεκίνησε με στόχο όχι την δυναμικότητα και την γρήγορη απόκτηση ισχυρής θέσης στην αγορά των ψηφιακών νομισμάτων αλλά την παροχή ενός μακροχρόνιου βιώσιμου συστήματος. Το ψηφιακό νόμισμα που χρησιμοποιεί η πλατφόρμα Cardano είναι το ADA. Με άλλα λόγια το Cardano είναι το Blockchain του ψηφιακού νομίσματος ADA το οποίο είναι ένα νόμισμα τρίτης γενιάς. Είναι αποκεντρωμένο και μοιάζει με το Ethereum.

Το Cardano χωρίζεται σε δύο μέρη. Το Settlement Layer (CSL) το οποίο χρησιμοποιείται για την διευθέτηση συναλλαγών και τον Control Layer το οποίο αναπτύσσεται και θα χρησιμοποιείται για smart contracts. (FRANKENFIELD, 2018a). Το Cardano ακολουθεί τεχνική Proof of Stake (Ouroboros). Σε αντίθεση με το Proof of Work στο οποίο το σύστημα βλέπει όταν παράγεται ένα νέο Block από έναν miner και τον αμείβει. Εδώ ο κάτοχος ADA μπορεί να παράγει νέα Blocks και να επικαιροποιήσει συναλλαγές. Το ADA συνδυάζει ταχύτητα, ασφάλεια και αποκέντρωση. (Laura, 2020)

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Εισαγωγή

Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η θεωρία η οποία θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εργασία. Ξεκινώντας παρουσιάζεται η έννοια της στασιμότητας και οι έλεγχοι που θα χρησιμοποιηθούν. Ακολουθεί η έννοια της συνολοκλήρωσης και παρουσιάζονται αναλυτικά οι έλεγχοι συνολοκλήρωσης που θα χρησιμοποιηθούν. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα μοντέλα ARCH-GARCH τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στο 4^ο και 5^ο Κεφάλαιο. Τέλος ακολουθεί η στρατηγική Pairs Trading η οποία χρησιμοποιείται στο 6^ο Κεφάλαιο, μια στρατηγική η οποία βασίζεται στην συνολοκλήρωση. Η συνολοκλήρωση (Cointegration) απαιτεί οι χρονολογικές σειρές να είναι μη στάσιμες στα επίπεδά τους όμως να γίνονται στάσιμες με κατάλληλους μετασχηματισμούς.

3.2 Στασιμότητα

Η στασιμότητα είναι ιδιαίτερα σημαντική στη στατιστική ανάλυση χρονολογικών σειρών με την έννοια πως η ύπαρξη της, υποδηλώνει πως τα σημαντικά χαρακτηριστικά της χρονολογικής σειράς δεν μεταβάλλονται στο χρόνο. Με την έννοια αυτή μια στάσιμη χρονολογική σειρά διατηρεί τα στατιστικά χαρακτηριστικά της ανεξάρτητα από το χρόνο t . Αν η στοχαστική διαδικασία παραμένει σε ισορροπία διαχρονικά γύρω από ένα μέσο επίπεδο, τότε και μόνο τότε μπορούμε να κατασκευάσουμε ένα αλγεβρικό υπόδειγμα το οποίο θα είναι αξιόπιστο ως προς τα στατιστικά του. (Δημέλη, 2013)

Ορισμός: Μια στοχαστική διαδικασία $\{X_t\}$ θεωρείται αυστηρά στάσιμη αν η από κοινού κατανομή της πιθανότητας των $\{X_t, X_{t+1}, \dots, X_{t+N-1}\}$ είναι ίδια με την από κοινού κατανομή του συνόλου $\{X_{t+k}, X_{t+k+1}, \dots, X_{t+k+N-1}\}$ για οποιαδήποτε t, N και k . (Δημέλη, 2013)

Συνήθως χρησιμοποιείται η ασθενέστερη μορφή του παραπάνω ορισμού. Σε αυτή την περίπτωση θα εισάγουμε την έννοια της αυτοσυνδιακύμανσης (autocovariance) αφού υπάρχει πιθανότητα η X_t να εξαρτάται από όλες τις

παρελθοντικές της τιμές X_{t-1}, X_{t-2}, \dots και συνεπώς κρίνεται απαραίτητο να λάβουμε την συνδιακύμανση ως μεταβλητή. Έστω μια στοχαστική διαδικασία X_t με $VX_t < \infty$ τότε για κάθε $t \in Z$, η διακύμανση μεταξύ δύο οποιονδήποτε τιμών της X_t ονομάζεται αυτοσυνδιακύμανση (autocovariance) και συμβολίζεται:

$$\gamma_\chi(t, x) = \text{cov}(X_t, X_s) = E[(X_t - EX_t)(X_s - EX_s)] = EX_t X_s - EX_t EX_s$$

Ορισμός: Η στοχαστική διαδικασία X_t καλείται στατική εάν και μόνο εάν για όλους τους ακέραιους r, s και t ισχύουν τα εξής:

- I. $EX_t = \mu$ (μ σταθερό)
- II. $VX_t < \infty$
- III. $\gamma_\chi(t, x) = \gamma_\chi(t+r, s+r)$

Η πρώτη συνθήκη υποδηλώνει σταθερό μέσο, η δεύτερη σταθερή διακύμανση και η τελευταία σχέση υποδηλώνει ότι συνδιακύμανση μεταξύ οποιονδήποτε τιμών της $\{X_t\}$ δεν εξαρτάται από τις τιμές t και s παρά μόνο από την διαφορά τους $t - s$. Με την έννοια αυτή η αυτοσυνδιακύμανση είναι μια συνάρτηση μιας μεταβλητής (Neusser, 2016). Ο έλεγχος στασιμότητας μπορεί να γίνει με τους ελέγχους δειγματικών συναρτήσεων αυτοσυσχέτισης, είτε με τους ελέγχους μοναδιαίων ριζών (unit root tests) οι οποίοι είναι αρκετά αξιόπιστοι. Παρακάτω παρουσιάζονται οι έλεγχοι μοναδιαίας ρίζας οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο στασιμότητας των κρυπτονομισμάτων.

3.3 Έλεγχοι μοναδιαίας ρίζας

Οι στατιστικοί έλεγχοι για τον έλεγχο ύπαρξης στασιμότητας είναι πιο αποτελεσματικοί από τους οπτικούς ελέγχους, καθώς και για τον αριθμό των διαφορών που πρέπει να λάβουμε ώστε να γίνει η χρονολογική σειρά στατική.

Ορισμός: Ο αριθμός των διαφορών που απαιτούνται για τη λήψη μιας στάσιμης σειράς ονομάζεται βαθμός ολοκλήρωσης και γράφουμε: $X_t \sim I(d)$ όπου X_t μη στάσιμη χρονολογική σειρά και καλείται ολοκληρωμένη τάξης d . (Δημέλη, 2013)

Με τον όρο μοναδιαία ρίζα εννοούμε ότι το πολυώνυμο:

$f(x) = 1 - \rho_1 x - \rho_2 x^2 - \dots - \rho_n x^n$ έχει μια ρίζα ίση με την μονάδα, δηλαδή βρίσκεται πάνω στο μοναδιαίο κύκλο. Η ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας στο αυτοπαλίνδρομο μέρος μιας

στοχαστικής διαδικασίας είναι πολύ σημαντική και η στοχαστική διαδικασία χαρακτηρίζεται ως μη στάσιμη. Σε αυτή την περίπτωση μια τυχαία διαταραχή έχει μόνιμες επιδράσεις πάνω στα επίπεδα της χρονολογικής σειράς που την κάνουν να απομακρύνεται από την μέση τιμή της. Το αντίθετο συμβαίνει σε στάσιμες διαδικασίες δηλαδή $I(0)$. Οι επιδράσεις μιας τυχαίας διαταραχής φθίνουν με το χρόνο και έχουμε μια επαναφορά της χρονολογικής σειράς γύρω από τη μέση τιμή. Όπως θα εξηγήσουμε παρακάτω οι συνήθεις μέθοδοι δεν αρκούν για να εκτιμήσουμε σωστά τους συντελεστές μιας παλινδρόμησης.

Θεωρούμε ένα αυτοπαλίνδρομο $AR(1)$ μοντέλο

$$Y_t = \delta + \alpha Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.3.1)$$

Στη σχέση (3.3.1) το ε_t είναι μια διαδικασία λευκού θορύβου. Επίσης ισχύει $Y_0 = 0$. Εάν στο παραπάνω υπόδειγμα ισχύει $|\alpha| < 1$ καθώς $t \rightarrow \infty$ τότε η χρονολογική σειρά συγκλίνει σε μια στατική σειρά. Εάν $\alpha = 1$ τότε δεν είναι στάσιμη με διακύμανση $t\sigma^2$ και συνήθως καλείται τυχαίος περίπατος (Random Walk). Συνεπώς ελέγχουμε αν το α ισούται με την μονάδα. Κάνουμε τον εξής έλεγχο:

$$H_0 : \alpha = 1 \quad (\text{Υπάρχει μοναδιαία ρίζα } \alpha(z)=0)$$

$$H_1 : |\alpha| < 1$$

Στην περίπτωση αποδοχής της H_0 για $\alpha = 1$ έχουμε μια διαδικασία τυχαίας διαδρομής με σταθερό όρο δ που είναι ολοκληρωμένη τάξης 1, $Y_t \sim I(1)$. Στην περίπτωση απόρριψης της H_0 έχουμε μια στάσιμη χρονολογική σειρά, $Y_t \sim I(0)$. Το στατιστικό test που χρησιμοποιούμε είναι το παρακάτω:

$$t = \frac{\hat{\alpha} - 1}{s_{\hat{\alpha}}} = \frac{(\hat{\rho}_1 - 1)}{\sqrt{1/N}} = (\hat{\alpha} - 1)\sqrt{N} \quad (3.3.2)$$

Παρόλα αυτά στην σχέση η εκτιμήτρια $\hat{\alpha}$ (μέσω της μεθόδου LS) δεν υπολογίζεται σωστά λόγω της ύπαρξης ενδογένειας. Είναι λάθος λοιπόν να κάνουμε τον έλεγχο κατά αυτόν τον τρόπο. Ένα δεύτερο επίσης στοιχείο που οδήγησε στη χρήση άλλων ελέγχων είναι πως το t δεν ακολουθεί την γνωστή κατανομή t καθώς δεν πληροί τις ασυμπτωτικές ιδιότητες. Είναι λάθος λοιπόν να κάνουμε τον έλεγχο κατά αυτόν τον τρόπο.

Η πρώτη κίνηση σε τέτοιες συνθήκες είναι να πάρουμε τις πρώτες διαφορές. Αφαιρούμε λοιπόν το Y_{t-1} από κάθε μέλος της σχέσης (3.3.1) και έχουμε:

$$\Delta Y_t = \delta + (\alpha - 1)\Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.3.3) \text{ ή αλλιώς για } \beta = \alpha - 1$$

$$\Delta Y_t = \delta + \beta \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.3.4)$$

Στην περίπτωση αυτή ακολουθείται ο εξής έλεγχος:

$$H_0 : \beta = 0$$

$$H_1 : \beta < 0$$

Το στατιστικό που test που χρησιμοποιείται είναι το εξής:

$$t = \frac{\hat{\beta} - 1}{s_{\hat{\beta}}}, \text{ όπου } s_{\hat{\beta}} \text{ το τυπικό σφάλμα της εκτίμησης } \beta. \text{ Και}$$

σε αυτή την περίπτωση η μεροληψία του $\hat{\alpha}$ δημιουργεί προβλήματα στην εκτίμηση του $\hat{\beta}$ το οποίο υποεκτιμάται. (Δημέλη, 2013)

ΕΛΕΓΧΟΣ DICKEY (DF) & ADF

Οι Dickey – Fuller εφαρμόζοντας τεχνικές Monte Carlo κατασκεύασαν τροποποιημένες τιμές τις κατανομής t για τους ελέγχους μοναδιαίας ρίζας. Βεβαίως οι Dickey-Fuller δεν χρησιμοποίησαν μόνο την απλή περίπτωση ενός AR(1) μοντέλου. Η μηδενική υπόθεση H_0 είναι όπως και παραπάνω πως η χρονολογική μας σειρά είναι I(1), ενώ η αποδοχή της H_1 οδηγεί σε απόρριψη της H_0 και συνεπώς η χρονολογική σειρά είναι I(0). (Dickey and Fuller, 1979)

Η παλινδρόμηση που εξετάζει ο έλεγχος ADF είναι η εξής:

$$\Delta Y_t = \delta + \gamma t + \varphi y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \psi_j \Delta y_{t-j} + e_t \quad (3.3.5)$$

Το p είναι ο αριθμός των χρονικών υστερήσεων που χρησιμοποιούμε ώστε να φτιάξουμε το ARMA υπόδειγμα, δηλαδή μέχρι να εξαλειφθεί η αυτοσυσχέτιση των λαθών. Υποθέτουμε επίσης πως τα λάθη δεν παρουσιάζουν ετεροσκεδαστικότητα ώστε το υπόδειγμα μας να είναι καλά εξειδικευμένο. Με πιο απλά λόγια η διακύμανση των λαθών που δημιουργεί το υπόδειγμα πρέπει να είναι σχεδόν σταθερή αλλιώς το υπόδειγμα δεν είναι καλά εξειδικευμένο. (Η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν εξηγεί καλά την εξαρτημένη και ίσως χρειαστεί να εισάγουμε κάποια άλλη μεταβλητή επιπλέον ώστε να βελτιώσουμε την ακρίβεια του υποδείματός μας). (Kenton, 2020)

Έλεγχος KPSS

Στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιείται ο έλεγχος των Kwiatkowski, Phillips, Schmidt και Shin (1992) γνωστός ως έλεγχος KPSS προς επιβεβαίωση των συμπερασμάτων που

προκύπτουν από τον έλεγχο ADF στις αποδόσεις των κρυπτονομισμάτων. Ο έλεγχος αυτός έχει ως μηδενική υπόθεση την στασιμότητα έναντι της εναλλακτικής περί ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας. Έστω ότι ισχύει:

$$Y_t = \zeta_t + \varepsilon_t \quad (3.3.6)$$

όπου ε_t μια στάσιμη στοχαστική διαδικασία και

$$\zeta_t = \zeta_{t-1} + u_t \quad \mu\epsilon \quad u_t \sim iid(0, \sigma_u^2)$$

Ο έλεγχος KPSS είναι ο εξής:

$$H_0 : \sigma_u^2 = 0 \quad (\text{Η διακύμανση των καταλοίπων είναι μηδέν})$$

$$H_1 : \sigma_u^2 > 0$$

Στην περίπτωση μη απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης η χρονολογική σειρά Y_t είναι στάσιμη. Το στατιστικό κριτήριο για τον παραπάνω έλεγχο είναι το εξής:

$$KPSS = \frac{1}{N^2} \sum_{t=1}^N S_t^2 / \hat{\sigma}_\infty \quad \text{όπου} \quad S_t = \sum_{j=1}^t \hat{w}_j, \quad \hat{w}_t = Y_t - \bar{Y} \quad \text{και} \quad \hat{\sigma}_\infty \text{ είναι ένας εκτιμητής της}$$

μακροχρόνιας διακύμανσης της στάσιμης διαδικασίας ε_t . Σε περίπτωση που το υπόδειγμα συμπεριλαμβάνει κάποια προσδιοριστική τάση τότε μπορούμε να την προσθέσουμε και αυτή στην αρχική μας σχέση. (Kwiatkowski *et al.*, 1992) & (Δημέλη, 2013)

Έλεγχος DFGLS

Ο έλεγχος DFGLS θα χρησιμοποιηθεί σε επόμενο κεφάλαιο όπου παρατηρήθηκε σύγκρουση αποτελεσμάτων των ελέγχων ADF και KPSS στο νόμισμα XRP. Ο έλεγχος αυτός προτάθηκε από τους Elliot, Rothenberg και Stock το 1996 και αφαιρεί τυχόν προσδιοριστικούς παράγοντες (π.χ. τάση από τα δεδομένα) πριν τον έλεγχο ADF οι οποίοι πολύ πιθανό να στρεβλώνουν τα αποτελέσματα μας. Στην περίπτωση του XRP υπήρχε trend και συνεπώς ο έλεγχος DFGLS ήταν ο κατάλληλος.

3.4 Συνολοκλήρωση (Cointegration)

Μελετώντας χρονολογικές σειρές, υπάρχει η ανάγκη εύρεσης ενός υποδείγματος το οποίο να μπορεί να δώσει αξιόπιστες πληροφορίες.

Οι περισσότερες χρονολογικές σειρές είναι μη στατικές. Στη γραμμική παλινδρόμηση μιας μη στατικής χρονολογικής σειράς σε άλλες μη στατικές συχνά εμφανίζεται ισχυρή συσχέτιση (Correlation). Στην πραγματικότητα όμως αυτές οι χρονολογικές σειρές δεν έχουν κάποια αιτιολογική σχέση και η συσχέτιση προκύπτει από την στοχαστική τάση των μεταβλητών. Ο Yule το 1926 (Yule, 1926) ήταν από τους πρώτους ο οποίος μελέτησε αυτό το φαινόμενο. Αργότερα οι Granger και Newbold το 1974 επισημαίνουν πως έχει διαπιστωθεί αρκετές φορές το φαινόμενο αυτό το οποίο ονομάστηκε «Φαινομενική παλινδρόμηση» ή αλλιώς «Spurious Regression». Σύμφωνα με τους Granger και Newbold συχνά διαπιστώνονται υψηλές συσχετίσεις σύμφωνα με τον δείκτη R^2 σε υποδείγματα με μη στάσιμες χρονολογικές σειρές τα οποία αν χρησιμοποιήσουμε θα οδηγήσουν σε λανθασμένες εκτιμήσεις. Το λάθος αυτό οφείλεται στην συσχέτιση των καταλοίπων. Καθώς οι χρονολογικές σειρές είναι μη στάσιμες (έστω ότι είναι $I(1)$) τα κατάλοιπα ε_i θα είναι και αυτά $I(1)$ και όχι όπως πρέπει $I(0)$ (εκτός αν είναι συνολοκληρωμένες) και μάλιστα λευκός θόρυβος. Μάλιστα οι Granger και Newbold (1974) χρησιμοποίησαν το στατιστικό του ελέγχου Durbin- Watson (DW) και υποστήριξαν πως όταν ισχύει $DW < R^2$ τότε πρέπει να υποψιαστούμε πως η παλινδρόμηση είναι πλασματική και τα στατιστικά που έχουμε είναι αναξιόπιστα. Αυτό συμβαίνει διότι δεν μπορούμε να κάνουμε τους στατιστικούς μας ελέγχους χρησιμοποιώντας τις συνήθως κατανομές καθώς οι μεταβλητές δεν έχουν σταθερή μέση τιμή και η διακύμανση τους αποκλίνει καθώς αυξάνει το δείγμα. Οι Granger και Newbold αναφέρουν πως συνήθως το φαινόμενο αυτό οφείλεται επίσης σε παράληψη μεταβλητών, είτε στο γεγονός πως οι χρονολογικές σειρές δεν έχουν καμία σχέση μεταξύ τους, είτε ότι έχουμε υψηλή συσχέτιση στα κατάλοιπα. Η αλήθεια όμως βρίσκεται κάπου στη μέση. (Granger and Newbold, 1974)

Προς αποφυγή αυτής της «πλασματικής παλινδρόμησης» όταν οι μεταβλητές είναι $I(1)$ χρησιμοποιούμε τις πρώτες διαφορές τους όπου πλέον οι μεταβλητές καθίστανται στατικές και τα λάθη επίσης είναι $I(0)$. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε σωστές εκτιμήσεις όμως και πάλι υπάρχει ένα σημαντικό μειονέκτημα. Συνήθως αυτό

που χρειάζεται ένας ερευνητής είναι η μακροχρόνια σχέση μεταβλητών στα επίπεδά τους. Χρησιμοποιώντας τις πρώτες διαφορές χάνονται οι μακροχρόνιες ιδιότητες και συνεπώς αναφερόμαστε σε βραχυχρόνιες καταστάσεις. Ένα σημαντικό μειονέκτημα το οποίο έρχεται να λύσει η συνολοκλήρωση (Cointegration).

Η ιδέα της συνολοκλήρωσης (Cointegration) έρχεται ως αρωγός να συνδέσει δύο οι περισσότερες μη στάσιμες μεταβλητές οι οποίες μπορεί να εμφανίζουν τάση αλλά μετακινούνται μαζί στο χρόνο. Η στοχαστική τάση που έχουν δεν τις αφήνει να απομακρυνθούν πολύ και κατά συνέπεια αυτές οι αποκλίσεις είναι στάσιμες. Σύμφωνα με τα παραπάνω δίνεται ο ορισμός της συνολοκλήρωσης:

Δύο ή περισσότερες μη στάσιμες χρονολογικές σειρές μπορούν να ολοκληρωθούν με βαθμό ολοκλήρωσης 1 όταν είναι στάσιμες στις πρώτες διαφορές τους. Όταν συμβαίνει αυτό οι χρονολογικές σειρές συνολοκληρώνονται εάν και μόνο εάν: Υπάρχει ένας γραμμικός συνδυασμός των δύο χρονολογικών σειρών ο οποίος είναι στάσιμος $I(0)$. Τότε οι σειρές είναι συνολοκληρωμένες.

Ποιο συγκεκριμένα Θεωρούμε δύο χρονολογικές σειρές X_t και Y_t Σύμφωνα με τη θεωρία, δηλαδή έστω X_t και Y_t είναι $I(1)$ δημιουργούμε τον γραμμικό συνδυασμό:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_t \quad (3.4.1)$$

Εάν οι μεταβλητές μας βρίσκονται σε μακροχρόνια ισορροπία τότε θα ισχύει ότι:

$$0 = Y_t - \alpha_0 - \alpha_1 X_t \quad (3.4.2)$$

Η σχέση (3.4.2) δείχνει μια μακροχρόνια σχέση που όμως στην πραγματικότητα περιλαμβάνει κάποια σφάλματα στην βραχυχρόνια σχέση των X_t και Y_t . Η απόκλιση αυτή από την μακροχρόνια σχέση είναι γνωστή ως **σφάλμα ισορροπίας (equilibrium error)**. Στην πράξη δηλαδή έχουμε μια σχέση της μορφής:

$$e_t = Y_t - \alpha_0 - \alpha_1 X_t \quad (3.4.3)$$

Αν τα $e_t \sim I(0)$ τότε οι μεταβλητές X_t και Y_t συνολοκληρώνονται και οι στατιστικοί έλεγχοι γίνονται με μεγάλη ακρίβεια και μάλιστα με μεγαλύτερη συνέπεια από μια παλινδρόμηση με στάσιμες χρονοσειρές. Το διάνυσμα $[1, -\alpha_0, -\alpha_1]$ ονομάζεται διάνυσμα συνολοκλήρωσης και υποδηλώνει την ύπαρξη μιας μακροχρόνιας σχέσης:

$$Y_t^* = \alpha_0 + \alpha_1 X_t^* \quad (\text{Long run equilibrium})$$

Στην παραπάνω σχέση οι αστερίσκοι δηλώνουν τις τιμές ισορροπίας. (Δημέλη, 2013)

Οι Engle και Granger το 1987 ανέπτυξαν τη θεωρία συνολοκλήρωσης για δύο μεταβλητές η οποία φυσικά επεκτείνεται και για περισσότερες. Η θεωρία αυτή οδήγησε

τους Engle και Granger στην απονομή Nobel και άνοιξε νέους ορίζοντες στην ανάλυση χρονοσειρών. Πιο συγκεκριμένα το 1987 οι Engle και Granger αναφέρουν:

Ένα διάνυσμα (vector) χρονολογικών σειρών $X_t = [X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{kt}]'$ διαστάσεων $k \times 1$ θα λέμε ότι είναι συνολοκληρωμένο τάξης (d, b) και θα το συμβολίζουμε $CI \sim (d, b)$ εάν και μόνο εάν:

- i. Κάθε χρονολογική σειρά στο διάνυσμα είναι $I(d)$
- ii. Υπάρχει ένα μη μηδενικό διάνυσμα α διαστάσεων $k \times 1$ τέτοιο ώστε

$$\beta' Y_t = \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_k X_{kt} \sim I(d - b), b > 0$$

Η παραπάνω σχέση μας λέει πως το $\beta' Y_t$ πρέπει να είναι ολοκληρωμένο με τάξη μικρότερη το d . Το διάνυσμα β καλείται διάνυσμα συνολοκλήρωσης (Cointegration Vector). (Engle and Granger, 1987)

3.5 Μέθοδοι Συνολοκλήρωσης

Μέθοδος Engle-Granger

Έστω ότι εξετάζουμε την ύπαρξη συνολοκλήρωσης δύο χρονολογικών σειρών X_t και Y_t . Η μέθοδος των Engle and Granger βασίζεται στον έλεγχο γίνεται με τον έλεγχο μοναδιαίας ρίζας των εκτιμημένων καταλοίπων της εξίσωσης συνολοκλήρωσης και παρουσιάζεται παρακάτω:

Ξεκινώντας προσδιορίζεται η τάξη ολοκλήρωσης των μεταβλητών με τους ελέγχους μοναδιαίας ρίζας. Αν φυσικά είναι στατικές τότε δεν χρειαζόμαστε τον έλεγχο. Εάν η τάξη ολοκλήρωσης των μεταβλητών είναι διαφορετική τότε σταματάμε την διαδικασία και θεωρούμε πως οι μεταβλητές δεν συνολοκληρώνονται καθώς ο έλεγχος προϋποθέτει $I(1)$ μεταβλητές. Εάν οι μεταβλητές μας είναι $I(1)$ συνεχίζουμε με την εκτίμηση OLS της μακροχρόνιας σχέσης. Έτσι εκτιμούμε την εξίσωση παλινδρόμησης συνολοκλήρωσης (cointegrating regression equation)

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \varepsilon_t \quad (3.5.1)$$

από την οποία σχέση αποθηκεύουμε τις εκτιμήσεις των καταλοίπων:

$$\hat{\varepsilon}_t = Y_t - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 X_t \quad (3.5.2)$$

Ο έλεγχος συνολοκλήρωσης των μεταβλητών X_t και Y_t γίνεται τον έλεγχο μοναδιαίας ρίζας των εκτιμημένων καταλοίπων $\hat{\varepsilon}_t$ της εξίσωσης μακροχρόνιας

ισορροπίας με της γνωστές μεθόδους. Με την χρήση του επαυξημένου Dickey- Fuller (ADF) για παράδειγμα έχουμε την εξίσωση παλινδρόμησης:

$$\Delta \hat{\epsilon}_t = \beta \hat{\epsilon}_{t-1} + \text{υστερήσεις}(\Delta \hat{\epsilon}_t) + e_t \quad (3.5.3)$$

όπου e_t λευκός θόρυβος. Κατόπιν ελέγχουμε την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας στα κατάλοιπα ή ισοδύναμα την στατιστική σημαντικότητα της παραμέτρου β . Ο έλεγχος υποθέσεων είναι ο εξής:

$$H_0 : \beta = 0 \text{ (Δεν υπάρχει συνολοκλήρωση)}$$

Η απόρριψη της H_0 ισοδυναμεί με απόρριψη της υπόθεσης μη συνολοκλήρωσης και συνεπώς τα εκτιμημένα κατάλοιπα είναι $I(0)$ και οι μεταβλητές X_t και Y_t συνολοκληρώνονται. Είναι επίσης σημαντικό πως στην εξίσωση (3.5.3) δεν χρειάζεται να συμπεριληφθεί σταθερά αφού τα εκτιμημένα κατάλοιπα που έχουν προκύψει με την μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων έχουμε μέσο μηδέν.

Στην περίπτωση που υπάρχουν περισσότερες από δύο μεταβλητές, συμπεριλαμβάνουμε στο δεξί μέλος και τις υπόλοιπες μεταβλητές. Τέλος στην εξίσωση μακροχρόνιας ισορροπίας μπορούμε να προσθέσουμε και προσδιοριστική τάση για την οποία ο Mackinnon το 1991 πρότεινε αναθεωρημένες κριτικές τιμές. (Δημέλη, 2013)

Μέθοδος Johansen

Η μεθοδολογία Engle & Granger όπως παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο αναφέρεται στον έλεγχο ύπαρξης μιας σχέσης συνολοκλήρωσης δύο μεταβλητών. Στην πραγματικότητα όμως και καθώς συνήθως εξετάζουμε πολλές μεταβλητές μαζί (Όπως και στην παρούσα εργασία) είναι δυνατόν να έχουμε περισσότερες από μια σχέσεις συνολοκλήρωσης. Η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας του Johansen δίνει τη δυνατότητα ταυτόχρονου προσδιορισμού, ελέγχου και εκτίμησης των διανυσμάτων συνολοκλήρωσης μη στάσιμων μεταβλητών και συνεπώς προσδιορίζει τον μέγιστο αριθμό των σχέσεων συνολοκλήρωσης των μεταβλητών. Συνεπώς μπορεί να υπάρχει παραπάνω από ένα διάνυσμα συνολοκλήρωσης $\beta'Y_t \sim I(0)$. Γενικά αν υπάρχουν k μεταβλητές $I(1)$ τότε μπορούμε να έχουμε έως $k-1$ γραμμικούς συνδυασμούς που να είναι $I(0)$ και ανεξάρτητους. Η μέθοδος του Johansen βασίζεται στη δημιουργία VAR υποδειγμάτων. Σε ένα υπόδειγμα VAR κάθε μεταβλητή είναι ένα σύστημα εξισώσεων στο οποίο κάθε μεταβλητή περιγράφεται ως συνάρτηση των προηγούμενων τιμών της

καθώς και των προηγούμενων τιμών όλων των καταλοίπων του συστήματος. Έτσι για ένα διάνυσμα Y_t , διάστασης $k \times 1$ έχουμε το σύστημα VAR (p):

$$Y_t = A_1 Y_{t-1} + \dots + A_k Y_{t-k} + u_t, t = 1, 2, \dots, N \quad (3.5.4)$$

όπου το διάνυσμα u πληροί τις υποθέσεις λευκού θορύβου και A_1, \dots, A_k είναι οι μήτρες των παραμέτρων διαστάσεων $k \times k$ η καθεμιά. Ο αριθμός υστερήσεων επιλέγεται κάθε φορά ανάλογα με το δείγμα. Η παραπάνω σχέση μπορεί να μετασχηματιστεί ως εξής:

$$\Delta Y_t = \Pi Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta Y_{t-i} + u_t \quad (3.5.5)$$

Όπου $\Pi = \sum_{j=1}^p A_j - I$ και $\Gamma_i = - \sum_{j=i+1}^p A_j$ με $i = 1, 2, \dots, p$

Αν $\text{rank}(\Pi) < k$ τότε μπορούμε να εκφράσουμε την Π ως προς δύο άλλες μήτρες α και β μικρότερης τάξης έτσι ώστε $\Pi = \alpha_{k \times r} \beta'_{r \times k}$. Έτσι η σχέση (3.5.5) μετασχηματίζεται ως εξής:

$$\Delta Y_t = \alpha \beta' Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta Y_{t-i} + u_t \quad (3.5.6).$$

Στην παραπάνω σχέση οι γραμμικοί συνδυασμοί $\beta' Y_{t-1}$ αποτελούν τις r σχέσεις συνολοκλήρωσης. Η μήτρα β περιέχει τα διανύσματα συνολοκλήρωσης ενώ τα στοιχεία της μήτρας α ονομάζονται συντελεστές ταχύτητας προσαρμογής και αναφέρονται στην βραχυχρόνια μεταβολή των μεταβλητών για την διόρθωση λαθών ισορροπίας της προηγούμενης περιόδου $z_{t-1} = \beta' Y_{t-1}$. Έτσι η τάξη του πίνακα Π καθορίζει τον αριθμό των διανυσμάτων συνολοκλήρωσης και ισούται με τον αριθμό των ιδιοτιμών (Eigenvalues) που είναι διαφορετικές του μηδενός. Αν $r=0$ τότε δεν υπάρχουν σχέσεις συνολοκλήρωσης. Εάν $r(\Pi)=k$, τότε οι μεταβλητές στο διάνυσμα Y_t είναι $I(0)$ ενώ αν $r(\Pi)<k$ τότε οι μεταβλητές συνολοκληρώνονται. Έτσι οι ιδιοτιμές που αντιστοιχούν στο μη στάσιμο μέρος του υποδείγματος θα είναι μηδενικές, το οποίο αποτελεί την βάση των ελέγχων οι οποίοι περιγράφονται παρακάτω και βασίζονται στην μέγιστη πιθανοφάνεια. (Johansen, 1988) & (Δημέλη, 2013)

Έλεγχος του ίχνους (Trace Test)

Με αυτό το test ελέγχεται η υπόθεση:

$$H_0 : r \leq r_0 \text{ (Υπάρχουν το πολύ } r_0 \text{ διανύσματα συνολοκλήρωσης)}$$

$$H_1 : r_0 \leq r \leq k \text{ (Υπάρχουν περισσότερα διανύσματα από } r_0 \text{)}$$

και ο έλεγχος γίνεται με το στατιστικό κριτήριο του ίχνους (trace test):

$$\lambda_{\text{trace}}(r) = -N \sum_{i=r_0+1}^k \ln(1-\hat{\lambda}_i)$$

όπου $\hat{\lambda}_i$ η μεγαλύτερη χαρακτηριστική ρίζα της μήτρας Π. Ο έλεγχος εφαρμόζεται διαδοχικά για τις τιμές του $r_0=1,2,\dots,k-1$ και η αποδοχή της μηδενικής υπόθεσης συνεπάγεται την διακοπή της διαδικασίας.

Έλεγχος Μέγιστης ιδιοτιμής (Maximum Eigenvalue)

Στην περίπτωση αυτή η υπόθεση είναι:

$$H_0 : r \leq r_0 \text{ (Υπάρχουν το πολύ } r_0 \text{ διανύσματα συνολοκλήρωσης)}$$

$$H_1 : r_0 = r_0 + 1 \text{ (Υπάρχουν ακριβώς } r_0 + 1 \text{ διανύσματα συνολοκλήρωσης)}$$

Το στατιστικό του test είναι το maximum eigenvalue test:

$$\lambda_{\text{max}} = -T \ln(1-\hat{\lambda}_{r_0+1})$$

το οποίο εφαρμόζεται διαδοχικά για τις τιμές του $r_0=1,2,\dots,k-1$

Μέθοδος ARDL

Η οικονομετρική ανάλυση και ιδιαίτερα η ανάλυση συνολοκληρωμένων μεταβλητών έχει λάβει τεράστιες διαστάσεις στον χώρο των οικονομικών. Καθώς η συνολοκλήρωση είναι μια σύνθετη διαδικασία και απαιτεί τον έλεγχο της στασιμότητας, και σαφώς τον διαχωρισμό των μεταβλητών ανάλογα με την τάξη ολοκλήρωσης τους η ανάγκη για νέες και σύγχρονες τεχνικές ήταν εμφανής. Οι Pesaran & Shin (Pesaran and Shin, 1995) και οι Pesaran, Shin & Smith (Pesaran, Shin and Smith, 1996) ανέπτυξαν μια σύγχρονη τεχνική, την μέθοδο ARDL (Autoregressive Distributed Lag Model) η οποία μπορεί να εφαρμοστεί ανεξάρτητα με το αν οι υπό μελέτη μεταβλητές μας είναι I(0) ή I(1) γεγονός το οποίο αποφεύγει προβλήματα τα οποία δημιουργούνται στα πρώτα στάδια της συνολοκλήρωσης. Επίσης η μέθοδος ARDL υπερτερεί των κλασικών μεθοδολογιών όταν έχουμε μικρά δείγματα (Όπως και στην περίπτωση του Covid-19). Τέλος μέσω του ECM (Error Correction Model) το οποίο μπορεί να προέλθει από το μοντέλο ARDL ελέγχεται η συνολοκλήρωση των μεταβλητών σε βραχυπρόθεσμο ορίζοντα χωρίς να χάνονται οι μακροχρόνιες πληροφορίες το οποίο είναι πολύ σημαντικό όταν εξετάζονται χρηματοοικονομικές μεταβλητές.

Το υπόδειγμα ARDL ορίζεται από τις τάξεις p, q_1, q_2, \dots, q_k και αναφέρεται ως $ARDL(p, q_1, q_2, \dots, q_k)$ για δύο χρονολογικές σειρές y_t και x_t και έχει την ακόλουθη μορφή:

$$\Phi(L, p)y_t = \sum_{i=1}^k \beta_i(L, q_i)x_{it} + \delta w_t + u_t \quad (3.5.7)$$

Όπου: $\Phi(L, p) = 1 - \Phi_1 L - \Phi_2 L^2 - \dots - \Phi_p L^p$ και $\beta(L, q) = 1 - \beta_1 L - \beta_2 L^2 - \dots - \beta_q L^q$ για $i = 1, 2, 3, \dots, k$.

Στην παραπάνω σχέση το w_t είναι ένα διάνυσμα $s \times 1$ εξωγενών μεταβλητών όμως με σταθερό αριθμό υστερήσεων. Αυτές οι μεταβλητές μπορεί να είναι η τάση, το intercept, κάποια dummy μεταβλητή ή γενικότερα κάποια εξωγενής μεταβλητή. Το L συμβολίζει τις χρονικές υστερήσεις και ορίζεται από την σχέση $L^k Y_t = Y_{t-k}$. Η μέθοδος ARDL έχει αποδειχτεί πως μπορεί να υπολογιστεί με την μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων (OLS) σε περίπτωση που τα κατάλοιπα είναι λευκός θόρυβος ή γενικότερα στατικά και ανεξάρτητα των μεταβλητών x_t, x_{t-1}, \dots και y_t, y_{t-1}, \dots και θεωρείται γενικά εύκολη μέθοδος και ακολουθεί τα παρακάτω βήματα:

Στην αρχή εκτιμάται το υπόδειγμα της σχέσης (3.5.7) με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων για όλες τις δυνατές τιμές των $p=1, 2, \dots, m$ και $q_i=1, 2, \dots, m$ με $i=1, 2, \dots, k$. Στη συνέχεια επιλέγεται το καλύτερο υπόδειγμα συνήθως με βάση τα κριτήρια Akaike, Schwartz, Hannan και Quinn. Ο μέγιστος αριθμός εκτιμώμενων υποδειγμάτων ARDL είναι $(m+1)^{k+1}$. Η ύπαρξη μακροχρόνιας σχέσης μεταξύ των μεταβλητών εξετάζεται υπολογίζοντας τη στατιστική F ή Bound F statistic η οποία εφαρμόζεται σε κάθε μεταβλητή, είτε ενδογενή είτε εξωγενή. Σημειώνουμε επίσης πως η στατιστική F δεν ακολουθεί την γνωστή F κατανομή και οι κριτικές τιμές μπορούν να βρεθούν σε άρθρο των (Pesaran, Shin and Smith, 2001). Στο επόμενο βήμα προσαρμόζεται ένα ECM με βάση τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν το οποίο ελέγχει την ύπαρξη βραχυχρόνιας συνολοκλήρωσης.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφέρουμε πως βασικό μειονέκτημα της μεθόδου ARDL είναι ότι προϋποθέτει την ύπαρξη μιας μόνο μακροχρόνιας σχέσης. Με άλλα λόγια σε περιπτώσεις που υπάρχουν παραπάνω από μια μακροχρόνιες σχέσεις η μέθοδος δεν μπορεί να εφαρμοστεί. Στην περίπτωση αυτή εναλλακτική λύση αποτελεί η μέθοδος του Johansen. (Emeka and Kelvin, 2016)

3.6 Μοντέλα ARCH-GARCH

Έλεγχοι ARCH

Ο Engle το 1982 (Engle, 1982) ανέπτυξε για πρώτη φορά σε εργασία του το υπόδειγμα ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Model). Έστω ότι η χρονολογική μας σειρά περιγράφεται από ένα AR(p) της μορφής:

$$Y_t = \delta + \alpha_1 Y_{t-1} + \dots + \alpha_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3.6.1)$$

όπου για τα κατάλοιπα ισχύει $E(\varepsilon_t) = 0$, $E(\varepsilon_t)^2 = \sigma^2$, $E(\varepsilon_t \varepsilon_s)_{t \neq s} = 0$ αλλά είναι υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικά δηλαδή:

$$E(\varepsilon_t^2 | I_{t-1}) = \text{var}(\varepsilon_t^2 | I_{t-1}) = \sigma_t^2$$

Σύμφωνα με τον Engle το 1982 (Engle, 1982) τα κατάλοιπα ακολουθούν ένα ARCH υπόδειγμα τάξης q αν η υπό συνθήκη διακύμανση (volatility) είναι συνάρτηση των τετραγώνων των υστερήσεων των καταλοίπων, δηλαδή:

$$\sigma_t^2 = E(\varepsilon_t^2 | I_{t-1}) = \beta_0 + \beta_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \beta_q \varepsilon_{t-q}^2$$

όπου $\beta_0 > 0$ και $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_q \geq 0$

Η ιδέα της παραπάνω σχέσης είναι πολύ σημαντική και παρουσιάζεται πολύ συχνά σε χρηματοοικονομικές μεταβλητές. Αυτό διότι αν έχουμε βρει μεγάλες τιμές για τα σφάλματα στο τετράγωνο στο παρελθόν, θα πρέπει να αναμένουμε και μεγάλη υπό συνθήκη διακύμανση στο παρόν.

Ο έλεγχος για τυχόν ύπαρξης φαινομένων ARCH στα κατάλοιπα της (3.6.1) γίνεται αφού εκτιμήσουμε το υπόδειγμα αυτό με την μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων (Least Squares) και στη συνέχεια προσαρμόσουμε ένα ARCH(q) υπόδειγμα στα εκτιμημένα κατάλοιπα της παλινδρόμησης:

$$\hat{\varepsilon}_t = \beta_0 + \beta_1 \hat{\varepsilon}_{t-1} + \dots + \beta_q \hat{\varepsilon}_{t-q} + u_t \quad (3.6.2)$$

Ο έλεγχος που εξετάζεται είναι ο παρακάτω:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_q = 0 \text{ (Τα κατάλοιπα είναι ομοσκεδαστικά)}$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0 \text{ για τουλάχιστον ένα από τα } j = 1, \dots, q$$

Ο έλεγχος μπορεί να γίνει εφαρμόζοντας το κριτήριο Ljung-Box ή αλλιώς το κριτήριο LM του Engle (1982). (Δημέλη, 2013)

Μοντέλα Garch

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα του μοντέλου ARCH είναι ο μεγάλος αριθμός υστερήσεων και οι περιορισμοί μη αρνητικότητας των συντελεστών. Ιδιαίτερα το δεύτερο μειονέκτημα είναι δύσκολο επιτευχθεί. Με βάση την ιδέα του Engle ότι το ARCH υπόδειγμα έμοιαζε περισσότερο σαν ένα υπόδειγμα κινητών μέσων ο Tim Bollerslev το 1986 (Bollerslev, 1986) γενίκευσε την εξίσωση της ARCH διακύμανσης σε μια ARMA μορφή. Το υπόδειγμα ονομάζεται γενικευμένο ARCH ή GARCH(p,q) και παρουσιάζεται παρακάτω:

$$\sigma_t^2 = \delta_0 + \sum_{j=1}^p \delta_j \sigma_{t-j}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \varepsilon_{t-j}^2 \quad (3.6.3)$$

Το υπόδειγμα GARCH τάξεων p,q θεωρεί ότι η υπό συνθήκη διακύμανση δεν εξαρτάται μόνο από τις προηγούμενες τιμές των σφαλμάτων στο τετράγωνο αλλά και από τις προηγούμενες τιμές της διακύμανσης.

3.7 Pairs Trading

Όπως παρουσιάστηκε παραπάνω η ύπαρξη συνολοκλήρωσης μεταξύ μεταβλητών υποδηλώνει μια μακροχρόνια, δηλαδή γραμμική σχέση και υπάρχει μια «Long run Equilibrium». Στην σχέση αυτή συχνά παρουσιάζονται αποκλίσεις από την σχέση ισορροπίας. Τις αποκλίσεις αυτές μπορεί να εκμεταλλευτεί κάποιος με το να πάρει μια θέση long στο σχετικά φθηνά τιμολογημένο asset και μια θέση short στο σχετικά φθηνά τιμολογημένο asset. Η τεχνική αυτή ονομάζεται Pairs Trading και θα την χρησιμοποιήσουμε στο τέλος της εργασίας στις μεταβλητές που είναι συνολοκληρωμένες. Για να βρούμε το σύνολο των μεταβλητών οι οποίες είναι συνολοκληρωμένες θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο Johansen ενώ στη συνέχεια η ανά δύο σχέση συνολοκλήρωσης γίνεται με την μέθοδο Engle & Granger. Έτσι για κάθε ζεύγος συνολοκληρωμένων μεταβλητών δημιουργείται μια σχέση της μορφής:

$$\ln(y_t) = \alpha + \beta \ln(y_t) + u_t \quad (3.7.1)$$

όπου β η εκτίμηση της ποσοστιαίας μεταβολής της μεταβλητής y_t για μια μεταβολή της z_t . Η στρατηγική Pairs Trading εξετάζει το Spread των μεταβλητών το οποίο είναι της μορφής:

$$S_t = \ln(y_t) - \alpha - \beta \ln(z_t) \quad (3.7.2)$$

και κανονικοποιείται ως εξής:

$$S_{t(\text{standardized})} = \frac{S_t - \bar{S}_t}{Std(S_t)} \quad (3.7.3)$$

Το Spread όπως φαίνεται είναι μια χρονολογική σειρά στάσιμη με μέσο μηδέν. Έτσι εάν $S_t \neq 0$ εάν περάσει ένα προκαθορισμένο επίπεδο-αριθμό d (threshold) τότε μπορούμε να ανοίξουμε μια θέση που περιγράφεται παρακάτω:

Εάν

1. $S_t < -d$: Το asset z_t είναι υπεριτιμημένο σε σχέση με το y_t . Συνεπώς παίρνουμε μια θέση long στο y_t και μια θέση short στο z_t .
2. $S_t > d$: Τότε το asset z_t είναι υποτιμημένο σε σχέση με το y_t . Τότε μπορούμε να πάρουμε θέση long στο z_t και θέση short στο y_t .

Οι θέσεις κλείνουν όταν το Spread περάσει ένα προκαθορισμένο επίπεδο το οποίο είναι πιο κοντά στην μέση τιμή από το επίπεδο στο οποίο έγινε το άνοιγμα της θέσης. (Isaksen, 2019)

4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΩΝ

4.1 Ανάλυση Τιμής

Παρακάτω παρουσιάζεται η διαχρονική πορεία των κρυπτονομισμάτων και ακολουθεί μια σύντομη ανάλυση για την περίοδο 01-08-2015 -31-07-2020 για το BTC, LTC και XRP καθώς και για τα κρυπτονομίσματα ETH, BCH, ADA από την στιγμή της δημιουργίας τους δηλαδή από την 07-08-2015, 23-07-2017, 01-10-2017 έως 31-07-2020 αντίστοιχα. Τα δεδομένα αντλήθηκαν από το Yahoo Finance. Μέσω του Eviews προέκυψαν τα παρακάτω διαγράμματα:

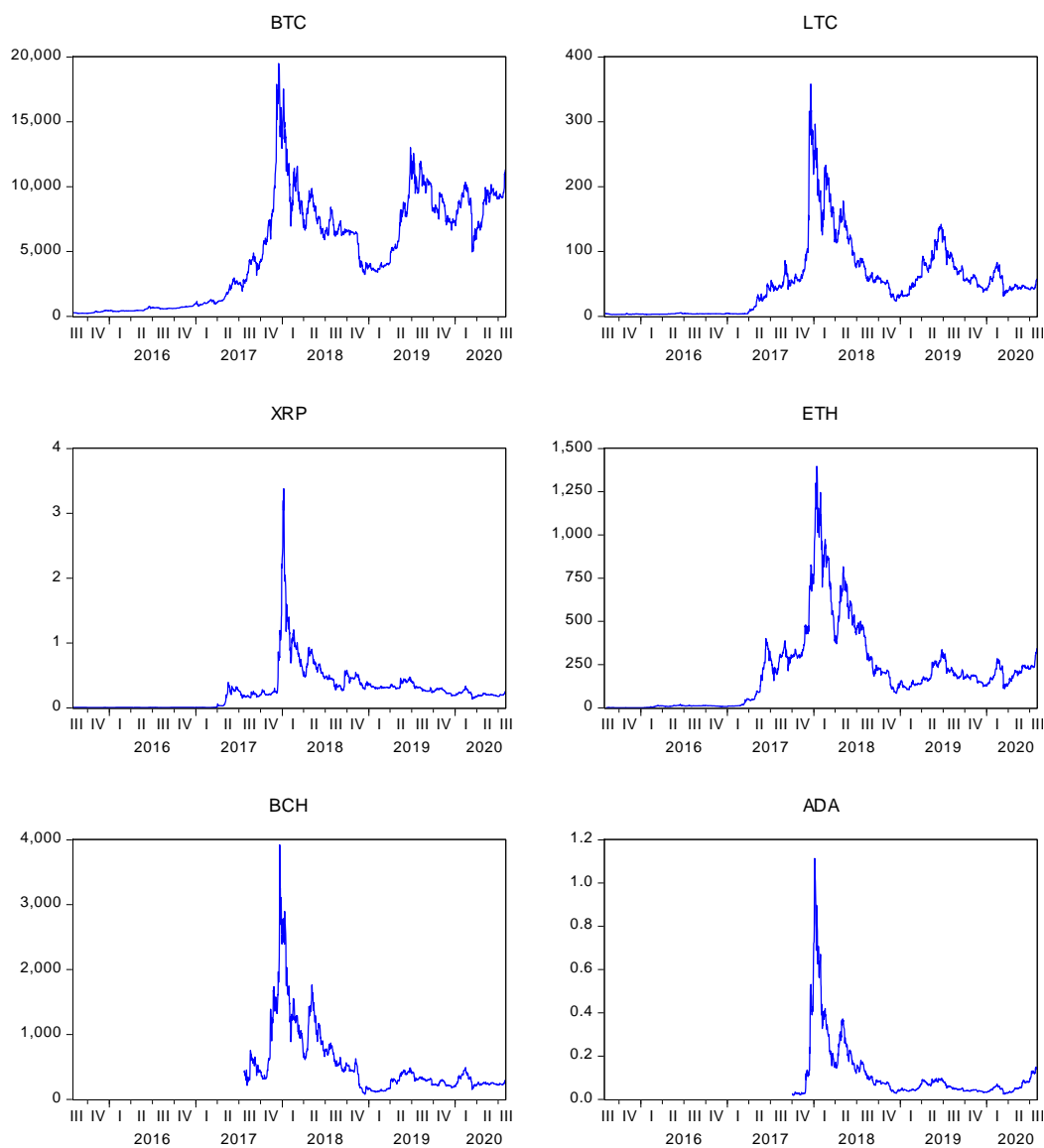


Figure 4.1 Διαγράμματα Τιμών

Όπως φαίνεται παραπάνω το έτος 2017 ήταν χρονιά στην οποία είχαμε μια εκθετική αύξηση της τιμής και στα έξι κρυπτονομίσματα που παρουσιάσαμε. Παρακάτω ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή της πορείας της τιμής των νομισμάτων.

Bitcoin

Το Bitcoin έως το 2015 είχε ήδη αγγίζει τα 281 δολάρια κάνοντας πολλούς να πιστεύουν πως θα αποτελέσει το νέο μέσο παγκόσμιων πληρωμών πυροδοτώντας έτσι μια νέα εποχή και ένα νέο market. Έχει μεγάλη σημασία η πορεία του Bitcoin καθώς αποτελεί τον Market Leader στην αγορά αρκετά χρόνια. Η πορεία του από το 2015 έως τις αρχές 2017 ήταν εξαιρετική καθώς το Bitcoin από 280 δολάρια άγγιξε τα 1000 δολάρια περνώντας έτσι ένα ψυχολογικό όριο των χρηστών. Το 2017 αποτέλεσε το «χρυσό» έτος του νομίσματος το οποίο παρά τις διορθώσεις καταγράφει μια εκθετική αύξηση γνωστό και ως το μεγάλο bull run. Τον Ιούνιο του 2017 το Bitcoin αγγίζει τα 3000\$ για πρώτη φορά και ξεκίνησαν οι πρώτες συζητήσεις για τα προβλήματα που αντιμετώπιζε γνωστά ως «scaling issues» τα οποία αφορούσαν το block size και οδήγησαν στη δημιουργία του Bitcoin Cash το οποίο υποστηρίχτηκε από τον Roger Ver. Παρόλα αυτά το bull run του νομίσματος δεν είχε τελειώσει αφού τον Σεπτέμβριο του ίδιου έτους άγγιξε τα 5.000\$. Μια τέτοια ανάπτυξη και όχι μόνο στο Bitcoin δεν περνάει απαρατήρητη και είχε ως συνέπεια την προσέλκυση θεσμικών επενδυτών.

Το Σεπτέμβριο του 2017 έχουμε μια μεγάλη πτώση του κρυπτονομίσματος, ένα market crash με το Bitcoin να υποχωρεί στα 3000\$. Έχει αποδειχθεί πως μεγάλο ρόλο στην υποχώρηση αυτή έπαιξε η απόφαση της Κίνας να απαγορεύσει τα ICO (Initial Coin Offerings) τα οποία τροφοδοτούσαν την αγορά των κρυπτονομισμάτων παρόλο που η απόφαση συμμετοχής σε ένα ICO κάθε άλλο παρά ασφαλής ήταν. Φαίνεται σε αυτό το σημείο πως υπάρχουν κίνδυνοι κυβερνητικής παρέμβασης στην αγορά των κρυπτονομισμάτων (Okorie and Lin, 2020). Έχοντας κερδίσει το ενδιαφέρον των επενδυτών αναμενόμενο ήταν να δημιουργηθούν διαφωνίες. Αξίζει να σημειωθεί το σχόλιο του Προέδρου της JP Morgan Jamie Dimon ο οποίος αποκάλεσε το Bitcoin Φούσκα (Fraud). Το μεγάλο Bull run του νομίσματος ξεκινάει όπως βλέπουμε στο διάγραμμα τον Οκτώβριο του 2017 και έπειτα, με το Bitcoin να σπάει το φράγμα των 10000\$ τον Νοέμβριο. Σημαντικό ρόλο έπαιξαν τα Futures τα οποία για πρώτη φορά θα λειτουργούσαν για τα κρυπτονομίσματα στις 17 Δεκεμβρίου του 2017. Οι επενδυτές όπως ήταν φυσικό πίστευαν πως μια τέτοια εξέλιξη θα εισήγαγε μεγάλη ρευστότητα στο νόμισμα από μεγάλα ινστιτούτα και αυτό θα οδηγούσε σε τεράστια κέρδη. Στις 16

Δεκεμβρίου το Bitcoin άγγιξε τα 20.000\$ τα οποία όμως δεν κατάφερε να κρατήσει και μάλιστα έχασε 6000\$ αξίας μετά από κάποιες μέρες. Μια δραματική μείωση η οποία ήταν το τέλος του Bull run, και παράλληλα η αρχή μιας αποκλιμάκωσης. Μιας αποκλιμάκωσης η οποία επηρεάζεται πολυπαραγοντικά. Το 2018 υπήρξε μια πάρα πολύ κακή χρονιά για την αγορά με συνεχής αρνητικές ειδήσεις. Το Facebook και το Twitter μάλιστα απαγόρευσαν τις διαφημίσεις για κρυπτονομίσματα καθώς πολλοί επενδυτές έχασαν πάρα πολλά χρήματα. Το 2018 βρέθηκε στην τιμή των 3300\$ το οποίο ήταν και το All time Low. Το 2019 ήταν ένα καλό έτος με το νόμισμα να ανακάμπτει και να αγγίζει τα 13000\$ τον Ιούνιο. Ακολούθησαν διορθώσεις με το νόμισμα να κλείνει το έτος στα 7200\$. Το 2020 στο οποίο έχουμε και τον παράγοντα του κορονοϊού όπως θα αναλυθεί παρακάτω, το Bitcoin κατάφερε να ξεπεράσει τα 10000\$ με χαμηλό τα 4970\$ στις 12-03-2020.

Litecoin (Coinhouse, no date)

Το Litecoin ήταν εξ αρχής το νόμισμα σύμμαχος του Bitcoin αφού εκτός από τα παρόμοια χαρακτηριστικά ως προς την αρχιτεκτονική, ο δημιουργός του Charlie Lee εμφανίζεται ως μεγάλος υποστηρικτής του Bitcoin. Με το Litecoin να βρίσκεται πάντα στα Top 10 Cryptocurrencies ως προς την κεφαλαιοποίηση δεν φαίνεται καθόλου περίεργη η παρόμοια πορεία του σε σχέση με το Bitcoin. Αξίζει να σημειωθεί ότι ήταν από τα πρώτα κρυπτονομίσματα τα οποία παρότι είχαν δημιουργό αντιμετωπίζονταν ως αποκεντρωμένα από τους χρήστες. Από το 2015 έως το 2017 βλέπουμε μια πορεία σχεδόν θα λέγαμε σταθερή γύρω από τα 3\$. Το 2017 από τον Μάρτιο έως τον Ιούνιο βρέθηκε από τα 3\$ στα 50\$ και άγγιξε τα 80\$ τον Σεπτέμβριο του 2017. Τους επόμενους μήνες το Litecoin παρουσιάζει μια εκθετική αύξηση τιμής καθώς εκμεταλλεύεται την ανάπτυξη της αγοράς και εκτοξεύεται έως και 360\$ στις 18 Δεκεμβρίου. Μια σημαντική επιτυχία το έτος αυτό ήταν ότι έγινε δεκτό στο ανταλλακτήριο Coinbase, ένα από τα μεγαλύτερα ανταλλακτήρια της Αμερικής. Παρόλα αυτά τον Δεκέμβριο του 2017 ο ιδρυτής του νομίσματος Charlie Lee ανακοίνωσε πως είχε ήδη πουλήσει όλα του τα Litecoin διότι η επίδραση του στους επενδυτές μέσω των social media δεν ήταν αρεστή από πολλούς χρήστες. Το 2018 ήταν αρκετά δύσκολο με το Litecoin να φτάνει τα 23\$ τον Δεκέμβριο καθώς η αγορά των κρυπτονομισμάτων κατέρρεε. Το 2019 το Litecoin μέσω ενός νέου bull market άγγιξε τα 140\$ τον Ιούνιο αλλά έχασε μεγάλο μέρος της αξίας το δεύτερο εξάμηνο καθώς έφτασε κάτω από 50\$. Το 2020 παρουσιάστηκε μια άνοδος έως τον μήνα Φεβρουάριο

στα 80\$ η οποία όμως αργότερα διορθώθηκε με το Litecoin να βρίσκεται γύρω από το επίπεδο των 50\$ τον Ιούνιο του 2020.

XRP

Το XRP είναι ένα νόμισμα διαφορετικό από τα συνήθη νομίσματα. Θα περίμενε κανείς να έχει μια τελειώς διαφορετική πορεία. Όμως με μια πρώτη εικόνα φαίνεται πως το 2017 φαίνεται πως ήταν το καλύτερο του έτος όπως και στα προηγούμενα νομίσματα. Μέχρι τότε το νόμισμα είχε φτάσει μόλις τα 0.0063\$. Καθώς όμως η αγορά των κρυπτονομισμάτων έχει μεγάλη μεταβλητότητα το XRP είχε φτάσει τα 0.4\$ σε μόλις 5 μήνες. Ακολούθησε μια διόρθωση και το νόμισμα ισορρόπησε στα 0.20\$ έως τις αρχές Δεκεμβρίου. Το νόμισμα έσπασε για πρώτη φορά το φράγμα του 1\$ στις 21 Δεκεμβρίου του 2017. Αυτή η πορεία του εκτός των άλλων μπορεί να συνδέεται με ανακοίνωση της Ripple για μελλοντική συνεργασία της με την American Express και την Santander. Μέσα σε λίγες μέρες το XRP έφτασε τα 2.3\$. Η εκθετική αυτή κίνηση οδήγησε το νόμισμα στα 3.37\$ την πρώτη εβδομάδα του 2018. Το νέο έτος όμως υπήρξε ίσος ένα έτος το οποίο κανένας trader δεν θέλει να θυμάται καθώς ακολούθησε ένα market crash το οποίο οδήγησε το XRP να διαπραγματεύεται ξανά στα 0.3\$. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί πως παρόλο που το νόμισμα δεν μπορούσε να φτάσει σε ιστορικά υψηλά, η εταιρεία προχώρησε σε συνεργασία με την Santander, την Moneygram καθώς και με άλλες μεγάλες τράπεζες σε πολλές χώρες. Τον Ιούνιο του 2019 παρουσίασε υψηλό τα 0.47\$ το οποίο επίπεδο δεν διατήρησε έως το τέλος του έτους και έκλεισε στα 0.2\$. Το 2020 είχαμε μια ανάκαμψη η οποία όμως δεν κράτησε και οδήγησε το XRP να διαπραγματεύεται κοντά στα 0.2\$. (Varshney, no date b)

ETH

Το διάστημα 2015-2017 το Ethereum αντιμετώπιζε αρκετά τεχνικά προβλήματα κρατώντας αρκετές εταιρίες εκτός αγοράς. Παρόλα αυτά τα δύο αυτά χρόνια κατάφερε από το 1\$ να φτάσει τα 11\$ στις αρχές του 2017. Το 2017 ήταν γνωστό ως η χρονιά των ICO. Πάρα πολλές εταιρίες χρησιμοποίησαν το ETH για να φτιάξουν tokens, οι οποίες αντλούσαν ρευστότητα από το Bitcoin. Η καλή πορεία των ICO οδήγησε το ETH σε πολύ υψηλά επίπεδα τον Ιούνιο του 2017 (Liebking, 2018). Τα 400\$ όπως βλέπουμε τον Ιούνιο ήταν το πρώτο στάδιο για αυτό που θα ακολουθούσε αργότερα. Στα τέλη του έτους μια εκθετική πορεία, στην οποία συντέλεσε σίγουρα και το Bitcoin, έκανε το ETH να φτάσει τα 800\$. Μόλις δύο εβδομάδες αργότερα το ETH σημείωσε

το δικό του ATH (All-time-High) στα 1396\$. Το έτος αυτό αποδείχτηκε μοιραίο για πολλούς επενδυτές, αφού το νόμισμα στα τέλη του έτους διαπραγματευόταν μόλις στα 140\$, και αυτό μετά από ανάκαμψη από τα 84\$. Τον Ιούνιο του 2019 είχαμε μια προσπάθεια για νέα υψηλά, δημιουργώντας προσδοκίες στους επενδυτές, που όμως δεν κράτησαν για πολύ αφού το νόμισμα δεν κατάφερε να ξεπεράσει τα 336\$ και μάλιστα η μετέπειτα πορεία του είναι καθοδική με το νόμισμα να κλείνει το 2019 στα 129\$. Το 2020 το νόμισμα καταγράφει ανοδική πορεία μετά την ύφεση η οποία σταμάτησε στα τέλη Μαρτίου αγγίζοντας τα 345\$.

Bitcoin Cash

Στις 1 Αυγούστου 2017 άρχισε η διαπραγμάτευση του BCH. Πολλοί κάτοχοι BTC απέκτησαν ίσο αριθμό Bitcoin Cash λόγω του hard fork. Ξεκίνησε να διαπραγματεύεται κοντά στα 300\$ και έφτασε τα 3923\$ στις 21/12/2017. Στις 1/1/2018 το νόμισμα υποχώρησε στα 2432\$ ξεκινώντας μια κακή ετήσια περίοδο, ένα bear market στο οποίο το bitcoin cash έκλεισε στα 151\$. Τον Ιούνιο του 2019 η τάση σε όλα τα νομίσματα δεν άφησε ανεπηρέαστη την τιμή του Bitcoin Cash που σημείωσε ετήσιο υψηλό στα 485\$ που όπως ήταν αναμενόμενο δεν κατάφερε να στηρίξει. Το νόμισμα όμως υποχώρησε και έκλεισε το 2019 στα 204\$. Το 2020 μετά από μια αύξηση της τιμής έως τα 491\$ στις 14/2/2020 έχουμε μια αποκλιμάκωση και μια σταθερή πορεία έως τον Ιούλιο όπου το νόμισμα δείχνει να σπάει τις αντιστάσεις και να φτάνει τα 300\$. (Varshney, no date a)

ADA

Το ADA είναι ένα ιδιαίτερο και ασυνήθιστο νόμισμα το οποίο έχει πολλά κοινά χαρακτηριστικά με το ETH σε σχέση με τα υπόλοιπα νομίσματα. Μπαίνοντας στην αγορά την τέλεια στιγμή το ADA εκτοξεύτηκε από τα 0.024\$ τον Οκτώβριο του 2017 στα 0.138\$ στο τέλος του έτους με μέγιστη τιμή τα 0.719\$. Μάλιστα έφτασε τα 1.11\$ στις 4 Ιανουαρίου, τιμή την οποία γρήγορα έχασε καθώς ξεκίνησε η ύφεση στην αγορά. Το ίδιο έτος κατέγραψε πτώση έως τα 0.028274\$ στις 15/12/2018 και έκλεισε στα 0.041063\$ στο τέλος του έτους. Το 2019 παρουσίασε και πάλι μια απότομη αύξηση τιμής που έφτασε τα 0.097719\$ στις 24 Ιουνίου. Παρόλα αυτά και το ADA υποχώρησε και έκλεισε στο τέλος του έτους στα 0.053793\$. Το 2020 φαίνεται το νόμισμα να έχει πάρει μια ανοδική πορεία ιδιαίτερα μετά τον Ιούλιο όπου έφτασε τα 0.148598\$.

Συμπεράσματα

Από την διαγραμματική απεικόνιση φαίνεται ότι υπάρχουν κοινές περίοδοι αύξησης και μείωσης της τιμής. Καθώς όμως δεν μπορούμε να συγκρίνουμε τις τιμές κρίνεται απαραίτητο να περάσουμε στις λογαριθμικές αποδόσεις των κρυπτονομισμάτων.

4.2 Ανάλυση των Αποδόσεων – Περιγραφικά Στατιστικά

Κρυπτονομισμάτων

Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα των λογαριθμικών αποδόσεων των κρυπτονομισμάτων μέσω του προγράμματος Eviews.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ

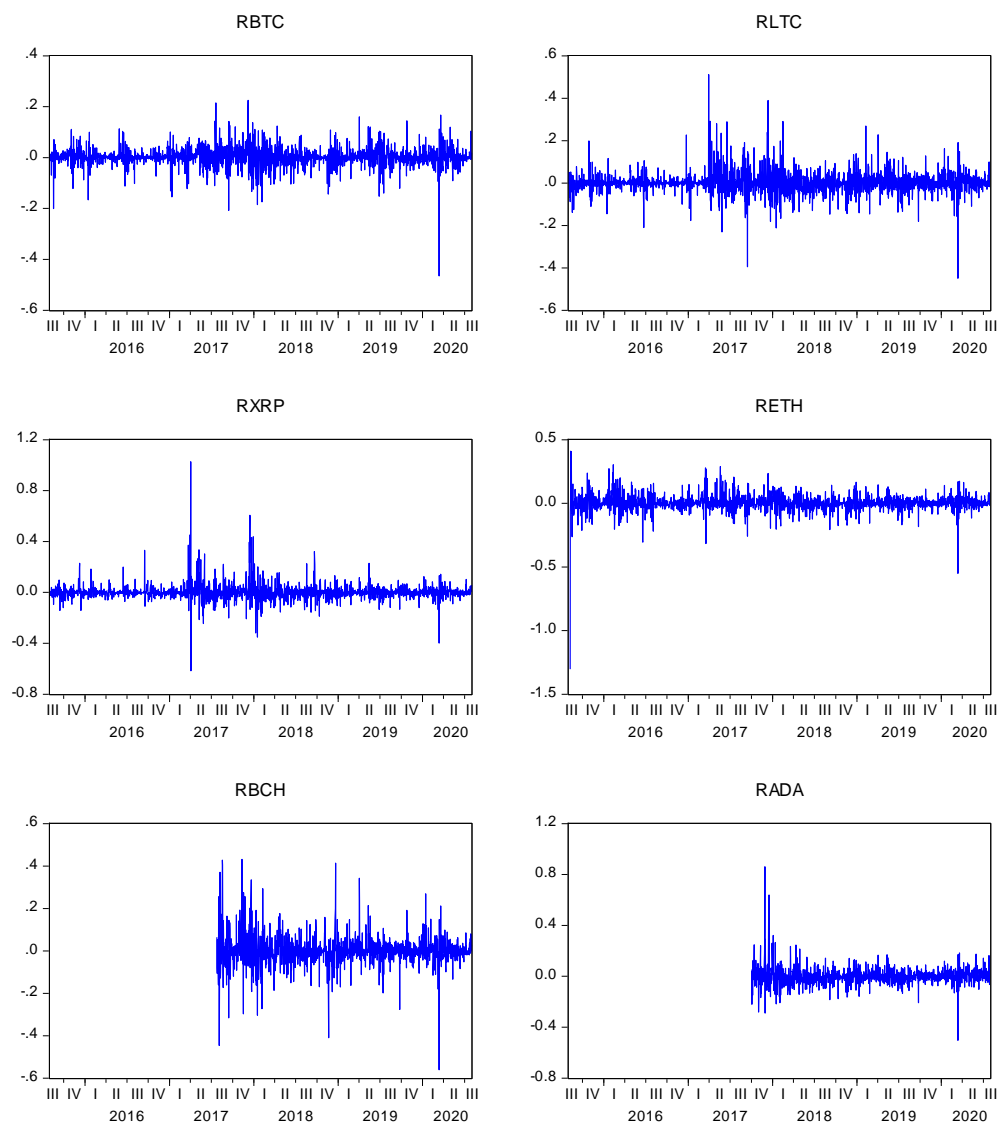


Figure 4.2 Διαγράμματα Αποδόσεων

Όπως φαίνεται και στα έξι κρυπτονομίσματα παρουσιάζεται μεταβλητότητα η οποία δεν παραμένει σταθερή διαχρονικά. Με την έννοια αυτή ο κίνδυνος σε κάθε κρυπτονόμισμα διαφέρει και δεν παραμένει σταθερός. Παρακάτω παρουσιάζονται τα περιγραφικά στατιστικά όπως προέκυψαν από το Eviews.

Πίνακας 4.1 Περιγραφικά Στατιστικά

	RBTC	RLTC	RXRP	RETH	RBCH	RADA
Mean %	0.2023	0.1444	0.1889	0.2651	-0.0288	0.1659
Std Dev. %	3.9918	5.5059	6.6518	6.9983	7.6494	7.6128
Skewness	-0.952623	0.795713	2.944693	-3.481545	0.249735	2.330608
Kurtosis	16.87012	16.24313	48.68267	73.86095	12.65370	29.13850
Jarque-Bera	14913.11	13536.22	161417.7	384456.7	4298.400	30371.51
Probability	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Ξεκινώντας από το μεγαλύτερο σε κεφαλαιοποίηση νόμισμα, το Bitcoin την τελευταία πενταετία παρουσιάζει μέση ημερήσια απόδοση 0.2023%, ποσοστό ιδιαίτερα μεγάλο. Ένας επενδυτής λοιπόν αναμένει περίπου 0.2\$ ανά 100\$ ημερησίως. Φυσικά οι μεγάλες αποδόσεις έρχονται μόνο εφόσον αποδεχτεί έναν κίνδυνο σχεδόν 4%. Έτσι πρέπει να είναι έτοιμος να αντέξει μια μεταβλητότητα της τάξης του 4% γύρω από την μέση ημερήσια απόδοση. Παρόμοια περιγραφή μπορεί να γίνει σε κάθε νόμισμα.

Συγκριτικά με τα υπόλοιπα κρυπτονομίσματα το Bitcoin και το ETH έχουν τις μεγαλύτερες αποδόσεις με το ETH να προηγείται όμως με έναν κίνδυνο σχεδόν 7% έναντι 4% που έχει το Bitcoin. Τα δύο κρυπτονομίσματα παρουσιάζουν αρνητική συμμετρία και ιδιαίτερα το ETH το οποίο υποδηλώνει μειώσεις κάτω από τον αριθμητικό μέσο και συνεπώς μεγάλες ζημιές. Εδώ σημειώνουμε πως ένας επενδυτής θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός διότι για να κερδίσει 0.0628% απόδοση θα πρέπει να δεχτεί μεγάλο ρίσκο.

Με βάση την απόδοση (θετική) ακολουθεί το XRP με 0.1880% έναντι του ADA με 0.1659% και τέλος του Litecoin με 0.1444%. Αξίζει να σημειωθεί πως στο ADA έχουμε μεγαλύτερη απόδοση από το Litecoin η οποία συνοδεύεται με μεγαλύτερο κίνδυνο. Επιπρόσθετα το Litecoin παρουσιάζει ελαφριά θετική συμμετρία 0.795713 ακολουθεί το ADA με 2.330608 και το XRP με 2.944693. Τα δύο τελευταία νομίσματα έχουν δηλαδή αυξήσεις πάνω από τον αριθμητικό μέσο το οποίο υποδηλώνει μεγάλα

κέρδη. Το BCH είναι το μόνο νόμισμα το οποίο παρουσίασε αρνητική μέση ημερήσια απόδοση και επίσης έχει τον μεγαλύτερο κίνδυνο με ελαφριά θετική συμμετρία πράγμα που δεν το κάνει μια ελκυστική επένδυση.

Τέλος όπως ήταν αναμενόμενο οι κατανομές των νομισμάτων είναι λεπτόκυρτες, διότι ο δείκτης κύρτωσης σε όλα τα νομίσματα είναι μεγαλύτερος του 3 το οποίο δείχνει ότι έχουμε το φαινόμενο των fat tails (παχιές ουρές).

4.3 Έλεγχος Στασιμότητας Κρυπτονομισμάτων

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται οι έλεγχοι στασιμότητας όπως προέκυψαν με χρήση του Eviews. Για τον έλεγχο στασιμότητας χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος Dickey-Fuller και συμπληρωματικά ο έλεγχος KPSS. Η διαδικασία των ελέγχων περιγράφεται αναλυτικά για το Bitcoin και είναι η ίδια για τα υπόλοιπα κρυπτονομίσματα χρησιμοποιώντας επίπεδο σημαντικότητας 5%. Στο νόμισμα XRP γίνεται και ένας τρίτος έλεγχος (DFGLS) διότι υπάρχει σύγκρουση των ελέγχων ADF και KPSS.

Bitcoin

Πίνακας 4.2 Null Hypothesis BTC has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length : 0
(Automatic – based on Sic, maxlag =24)

	t-statistic	Probability
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.466685	0.5505

Πίνακας 4.3 Null Hypothesis: BTC is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 33
(Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		LM-Stat
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		3.517807
Asymptotic critical values	1% level	0.739000
	5% level	0.463000
	10% level	0.347000

Όπως φαίνεται η χρονολογική σειρά του Bitcoin δεν είναι στατική αφού το Probability είναι μεγαλύτερο του 0.05 και συνεπώς δεχόμαστε την μηδενική υπόθεση του ελέγχου. Στη συνέχεια τα αποτελέσματα μας επιβεβαιώνονται και από τον έλεγχο KPSS αφού η

στατιστική του ελέγχου είναι $3.517807 > 0.463000$ χρησιμοποιώντας το επίπεδο σημαντικότητας 5%. Συνεπώς απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση του ελέγχου και επιβεβαιώνουμε πως η μεταβλητή δεν είναι στατική. Συνεπώς κάνουμε τον έλεγχο για τις πρώτες διαφορές και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα:

Πίνακας 4.4 Null Hypothesis: D(BTC) has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=24)

	t-statistic	Probability
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-41.85383	0.0000

Πίνακας 4.5 Null Hypothesis: D(BTC) is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 9 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		LM-Stat
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		0.041867
Asymptotic critical values	1% level	0.739000
	5% level	0.463000
	10% level	0.347000

Από τους πίνακες 4.4 & 4.5 προκύπτει ότι η χρονολογική σειρά του BTC γίνεται στάσιμη χρησιμοποιώντας τις πρώτες διαφορές, δηλαδή $I(1)$ διότι το Probability είναι μικρότερο του 0.05 άρα απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση του ελέγχου Dickey- Fuller και συνεπώς απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση της μη στασιμότητας. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνονται με τον έλεγχο KPSS αφού το στατιστικό του ελέγχου $0.041867 < 0.46300$ και συνεπώς η μηδενική υπόθεση της στασιμότητας γίνεται δεκτή.

Litecoin

Πίνακας 4.6 Null Hypothesis: LTC has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 14 (Automatic - based on SIC, maxlag=24)

	t-statistic	Probability
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.450927	0.1280

Πίνακας 4.7 Null Hypothesis: LTC is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 33 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		LM-Stat
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		1.541138
Asymptotic critical values	1% level	0.739000
	5% level	0.463000
	10% level	0.347000

Πίνακας 4.8 Null Hypothesis: D(LTC) has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 13 (Automatic - based on SIC, maxlag=24)

	t-statistic	Probability
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-11.68865	0.0000

Πίνακας 4.9 Null Hypothesis: D(LTC) is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 19 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		LM-Stat
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		0.042977
Asymptotic critical values	1% level	0.739000
	5% level	0.463000
	10% level	0.347000

XRP

Πίνακας 4.10 Null Hypothesis: XRP has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 1 (Fixed)

	t-statistic	Probability
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.174250	0.0217

Πίνακας 4.11 Null Hypothesis: XRP is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 33 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		LM-Stat
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		1.270355
Asymptotic critical values	1% level	0.739000
	5% level	0.463000
	10% level	0.347000

Πίνακας 4.12 Null Hypothesis: XRP has a unit root, Exogenous: Constant, Lag length: 18 (Spectral OLS AR based on SIC, maxlag=24)

	P-Statistic
Elliott-Lothenberg-Stock test statistic	1.199555
Test critical values:	1% level 1.990000
	5% level 3.260000
	10% level 4.480000

Πίνακας 4.13 Null Hypothesis: D(XRP) has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 1 (Fixed)

	t-statistic	Probability
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-27.72807	0.0000

Πίνακας 4.14 Null Hypothesis: D(XRP) is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 20 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	LM-Stat
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic	0.021777
Asymptotic critical values	1% level 0.739000
	5% level 0.463000
	10% level 0.347000

ETH

Πίνακας 4.15 Null Hypothesis: ETH has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 4 (Fixed)

	t-statistic	Probability
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.817523	0.3722

Πίνακας 4.16 Null Hypothesis: ETH is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 33 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	LM-Stat
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic	1.244786
Asymptotic critical values	1% level 0.739000
	5% level 0.463000
	10% level 0.347000

Πίνακας 4.17 Null Hypothesis: $D(ETH)$ has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 4 (Fixed)

	t-statistic	Probability
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-18.17708	0.0000

Πίνακας 4.18 Null Hypothesis: $D(ETH)$ is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 17 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		LM-Stat
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		0.065730
Asymptotic critical values	1% level	0.739000
	5% level	0.463000
	10% level	0.347000

BCH

Πίνακας 4.19 Null Hypothesis: BCH has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 4 (Automatic - based on SIC, maxlag=21)

	t-statistic	Probability
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.049267	0.2658

Πίνακας 4.20 Null Hypothesis: BCH is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 25 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		LM-Stat
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		1.815613
Asymptotic critical values	1% level	0.739000
	5% level	0.463000
	10% level	0.347000

Πίνακας 4.21 Null Hypothesis: $D(BCH)$ has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 3 (Automatic - based on SIC, maxlag=21)

	t-statistic	Probability
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-18.81609	0.0000

Πίνακας 4.22 Null Hypothesis: D(BCH) is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 9 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		LM-Stat
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		0.051375
Asymptotic critical values	1% level	0.739000
	5% level	0.463000
	10% level	0.347000

ADA

Πίνακας 4.23 Null Hypothesis: ADA has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 1 (Fixed)

	t-statistic	Probability
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.538388	0.1067

Πίνακας 4.24 Null Hypothesis: ADA is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 25 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		LM-Stat
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		1.265155
Asymptotic critical values	1% level	0.739000
	5% level	0.463000
	10% level	0.347000

Πίνακας 4.25 Null Hypothesis: D(ADA) has a unit root, Exogenous: Constant, Lag Length: 1 (Fixed)

	t-statistic	Probability
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-21.14934	0.0000

Πίνακας 4.26 Null Hypothesis: D(ADA) is stationary, Exogenous: Constant, Bandwidth: 10 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		LM-Stat
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic		0.050324
Asymptotic critical values	1% level	0.739000
	5% level	0.463000
	10% level	0.347000

Από τους υπόλοιπους πίνακες (4.6-4.26) διαπιστώνουμε πως και τα υπόλοιπα κρυπτονομίσματα είναι I(1). Ειδικά για το XRP χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος ADF-GLS διότι η ύπαρξη τάσης δημιουργούσε πρόβλημα στον έλεγχο ADF με αποτέλεσμα να δείχνει πως το XRP ήταν στατικό στο επίπεδό του ενώ το ο έλεγχος KPSS έδειχνε το αντίθετο.

4.4 Η επίδραση του Covid-19 στα Κρυπτονομίσματα

Στην ενότητα αυτή εξετάζεται κατά πόσο η πανδημία Covid-19 επηρέασε τις αποδόσεις των έξι κρυπτονομισμάτων. Τα δεδομένα προήλθαν από το Johns Hopkins University (<https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19>).

Για το λόγο αυτό παλινδρομούμε την απόδοση των κρυπτονομισμάτων με ένα σταθερό όρο και ταυτόχρονα μια ψευδομεταβλητή (DUMCOVID). Η ψευδομεταβλητή παίρνει την τιμή 1 από τις 22/1/2020 και παντού αλλού θα είναι 0. Η υπόθεση μας είναι πως η πανδημία έχει επηρεάσει την απόδοση των κρυπτονομισμάτων και συνεπώς για να γίνει δεκτή πρέπει το DUMCOVID να είναι στατιστικά σημαντικό.

Στην συνέχεια εξετάζεται κατά πόσο έχει επηρεαστεί η διακύμανση και συνεπώς η τυπική απόκλιση (κίνδυνος) της μεταβλητής μας. Για την διακύμανση θα χρησιμοποιήσουμε ένα μοντέλο Garch όπως περιγράφεται παρακάτω.

Bitcoin – Covid-19

*Πίνακας 4.27 Dependent Variable: RBTC, Method: ML ARCH - Normal distribution (OPG - BHHH / Marquardt steps), Sample (adjusted): 8/02/2015 7/31/2020, Included observations: 1826 after adjustments, Convergence achieved after 300 iterations, Coefficient covariance computed using outer product of gradients, Presample variance: backcast (parameter = 0.7) GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1) + C(6)*DUMCOVID*

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob
C	0.001910	0.000814	2.347350	0.0189
DUMCOVID	0.003835	0.004277	0.896577	0.3699
Variance Equation				
C	8.28E-05	7.49E-06	11.05523	0.0000
RESID(-1)^2	0.161407	0.014199	11.36723	0.0000
GARCH(-1)	0.799434	0.014466	55.26121	0.0000
DUMCOVID	0.000125	2.18E-05	5.738916	0.0000

Όπως βλέπουμε στον πίνακα 4.27 η απόδοση του Bitcoin δεν επηρεάστηκε από την πανδημία καθώς το DUMCOVID δεν είναι στατιστικά σημαντικό (αφού prob > 0.05).

Όμως επηρεάστηκε ως προς τον κίνδυνο. Βλέπουμε ότι ο κίνδυνος αυξήθηκε αφού από το μοντέλο Garch βλέπουμε ότι ο συντελεστής του DUMCOVID είναι θετικός (0.000125).

Litecoin - Covid-19

Πίνακας 4.28 Dependent Variable: RLTC, Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps), Sample (adjusted): 8/02/2015 7/31/2020, Included observations: 1826 after adjustments, Convergence achieved after 32 iterations, Coefficient covariance computed using outer product of gradients, Presample variance: backcast (parameter = 0.7), GARCH = $C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1) + C(6)*DUMCOVID$

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob
C	0.000330	0.001394	0.236471	0.8131
DUMCOVID	0.002638	0.003647	0.723374	0.4695
Variance Equation				
C	0.000132	1.19E-05	11.07531	0.0000
RESID(-1)^2	0.069956	0.006438	10.86532	0.0000
GARCH(-1)	0.889193	0.008928	99.59211	0.0000
DUMCOVID	-3.56E-05	1.32E-05	-2.706520	0.0068

Το Litecoin όπως βλέπουμε μένει ανεπηρέαστο ως προς την ημερήσια απόδοση του στην πανδημία. Μάλιστα ο κίνδυνός του επηρεάστηκε αλλά αρνητικά, δηλαδή μειώθηκε η μεταβολή του.

XRP - Covid-19

Πίνακας 4.29 Dependent Variable: RXRP, Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps), Sample (adjusted): 8/02/2015 7/31/2020, Included observations: 1826 after adjustments, Convergence achieved after 25 iterations, Coefficient covariance computed using outer product of gradients, Presample variance: backcast (parameter = 0.7), GARCH = $C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1) + C(6)*DUMCOVID$

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob
C	-0.002302	0.001175	-1.957993	0.0502
DUMCOVID	0.005376	0.003277	1.640522	0.1009
Variance Equation				
C	0.000302	1.61E-05	18.80933	0.0000
RESID(-1)^2	0.261520	0.017702	14.77388	0.0000
GARCH(-1)	0.691093	0.015833	43.65012	0.0000
DUMCOVID	-8.48E-05	2.40E-05	-3.539524	0.0004

Για το XRP έχουμε ανάλογα συμπεράσματα με το Litecoin, δηλαδή η μέση απόδοση του δεν επηρεάστηκε από την πανδημία και η μεταβλητότητα του και συνεπώς ο κίνδυνος του μειώθηκε.

ETH - Covid-19

Πίνακας 4.30 Dependent Variable: RETH, Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps), Sample (adjusted): 8/08/2015 7/31/2020, Included observations: 1820 after adjustments, Convergence achieved after 35 iterations, Coefficient covariance computed using outer product of gradients, Presample variance: backcast (parameter = 0.7), $GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1) + C(6)*DUMCOVID$

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob
C	0.000733	0.001333	0.550128	0.5822
DUMCOVID	0.008689	0.003933	2.209278	0.0272
Variance Equation				
C	0.000366	3.45E-05	10.61609	0.0000
RESID(-1)^2	0.208827	0.017931	11.64629	0.0000
GARCH(-1)	0.706703	0.020334	34.75490	0.0000
DUMCOVID	2.68E-05	4.26E-05	0.629080	0.5293

Το ETH όπως προκύπτει από τον πίνακα εμφανίζει μια διαφορετικότητα. Η μέση ημερήσια απόδοση του επηρεάστηκε θετικά από την πανδημία. Η διακύμανση του και συνεπώς ο κίνδυνος του δεν επηρεάστηκε από τον COVID-19.

BCH – Covid-19

Πίνακας 4.31 Dependent Variable: RBCH, Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps), Sample (adjusted): 7/24/2017 7/31/2020, Included observations: 1104 after adjustments, Convergence achieved after 33 iterations, Coefficient covariance computed using outer product of gradients, Presample variance: backcast (parameter = 0.7), $GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1) + C(6)*DUMCOVID$

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob
C	-0.001230	0.002480	-0.495949	0.6199
DUMCOVID	0.003349	0.004132	0.810630	0.4176
Variance Equation				
C	0.000334	3.82E-05	8.738773	0.0000
RESID(-1)^2	0.109491	0.010712	10.22111	0.0000
GARCH(-1)	0.844614	0.013410	62.98272	0.0000
DUMCOVID	-0.000171	2.91E-05	-5.886184	0.0000

Η απόδοση του BCH όπως προκύπτει παραπάνω δεν επηρεάστηκε από την πανδημία ενώ έχουμε μείωση της μεταβλητότητας και συνεπώς του κινδύνου.

ADA – Covid-19

Πίνακας 4.32 Dependent Variable: RADA, Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps), Sample (adjusted): 10/02/2017 7/31/2020, Included observations: 1034 after adjustments, Convergence achieved after 32 iterations, Coefficient covariance computed using outer product of gradients, Presample variance: backcast (parameter = 0.7), GARCH = $C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1) + C(6)*DUMCOVID$

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob
C	-0.002907	0.001881	-1.545324	0.1223
DUMCOVID	0.015674	0.005478	2.861348	0.0042
Variance Equation				
C	0.000132	2.08E-05	6.350964	0.0000
RESID(-1)^2	0.106338	0.006725	15.81235	0.0000
GARCH(-1)	0.868657	0.008508	102.1049	0.0000
DUMCOVID	0.000109	3.62E-05	3.003476	0.0027

Η απόδοση του ADA επηρεάστηκε και μάλιστα θετικά αφού το DUMCOVID είναι στατιστικά σημαντικό ενώ ως προς τον κίνδυνο επηρεάστηκε θετικά.

Συμπεράσματα: Από τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα πως ο επενδυτής για λόγους κινδύνου και αβεβαιότητας της αγοράς, στράφηκε προς την αγορά των κρυπτονομισμάτων.

5. ΣΥΝΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ-ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΣΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ – ΚΙΝΔΥΝΟΥ

5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται ο έλεγχος συνολοκλήρωσης των κρυπτονομισμάτων με τα κρούσματα του Covid-19 μέσω των ARDL μοντέλων. Στη συνέχεια μέσω της χρήσης του μη παραμετρικού ελέγχου Mann-Whitney U εξετάστηκε αν επηρεάστηκε η μέση ημερήσια απόδοση από την πανδημία. Τέλος εξετάστηκε η ύπαρξη φαινομένων ARCH και εκτιμήθηκε η ημερήσια διακύμανση του κάθε κρυπτονομίσματος μέσω ενός μοντέλου Garch(1,1). Τέλος μέσω του ελέγχου Mann-Whitney U έχουμε ένα εξετάζουμε το κατά πόσο επηρέασε η πανδημία την μέση ημερήσια διακύμανση.

5.2 Συνολοκλήρωση

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μέσω της μεθοδολογίας ARDL όπως προέκυψαν από το Eviews. Για τον υπολογισμό του μοντέλου οι τιμές μετατράπηκαν σε λογαριθμικές. Εάν υπάρχει μακροχρόνια σχέση ο συντελεστής αυτής της σχέσης είναι μια εκτίμηση της ελαστικότητας. Δείχνει δηλαδή πόσο επηρεάζει το ποσοστό της πανδημίας στο ποσοστό της απόδοσης.

Πίνακας 5.1 Dependent Variable: D(LBTC), Selected Model: ARDL(5, 1), Sample: 1/22/2020 7/31/2020

F-Bounds Test - Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Stat	Value	Signif	I(0)	I(1)
Asymptotic n=1000				
F-statistic	2.016637	10%	3.02	3.51
k	1	5%	3.62	4.16
		2.5%	4.18	4.79
		1%	4.94	5.58
Finite Sample n=80				
Actual Sample Size	187			
		10%	3.113	3.61
		5%	3.74	4.303
		1%	5.157	5.917

Πίνακας 5.2 Dependent Variable: $D(LLTC)$, Selected Model: $ARDL(5, 1)$, Sample: 1/22/2020
7/31/2020

F-Bounds Test - Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Stat	Value	Signif	I(0)	I(1)
Asymptotic n=1000				
F-statistic	2.174688	10%	3.02	3.51
k	1	5%	3.62	4.16
		2.5%	4.18	4.79
		1%	4.94	5.58
Finite Sample n=80				
Actual Sample Size	187			
		10%	3.113	3.61
		5%	3.74	4.303
		1%	5.157	5.917

Πίνακας 5.3 Dependent Variable: $D(LXRP)$, Selected Model: $ARDL(5, 1)$, Sample: 1/22/2020
7/31/2020

F-Bounds Test - Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Stat	Value	Signif	I(0)	I(1)
Asymptotic n=1000				
F-statistic	2.857297	10%	3.02	3.51
k	1	5%	3.62	4.16
		2.5%	4.18	4.79
		1%	4.94	5.58
Finite Sample n=80				
Actual Sample Size	187			
		10%	3.113	3.61
		5%	3.74	4.303
		1%	5.157	5.917

Πίνακας 5.4 Dependent Variable: $D(LETH)$, Selected Model: $ARDL(5, 1)$, Sample: 1/22/2020
7/31/2020

F-Bounds Test - Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Stat	Value	Signif	I(0)	I(1)
Asymptotic n=1000				
F-statistic	1.345404	10%	3.02	3.51
k	1	5%	3.62	4.16
		2.5%	4.18	4.79
		1%	4.94	5.58
Finite Sample n=80				
Actual Sample Size	187			
		10%	3.113	3.61
		5%	3.74	4.303
		1%	5.157	5.917

Πίνακας 5.5 Dependent Variable: $D(LBCH)$, Selected Model: $ARDL(5, 1)$, Sample: 1/22/2020 7/31/2020

F-Bounds Test - Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Stat	Value	Signif	I(0)	I(1)
Asymptotic n=1000				
F-statistic	2.597118	10%	3.02	3.51
k	1	5%	3.62	4.16
		2.5%	4.18	4.79
		1%	4.94	5.58
Finite Sample n=80				
Actual Sample Size	187			
		10%	3.113	3.61
		5%	3.74	4.303
		1%	5.157	5.917

Πίνακας 5.6 Dependent Variable: $D(LADA)$, Selected Model: $ARDL(3, 1)$, Sample: 1/22/2020 7/31/2020

F-Bounds Test - Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Stat	Value	Signif	I(0)	I(1)
Asymptotic n=1000				
F-statistic	2.848178	10%	3.02	3.51
k	1	5%	3.62	4.16
		2.5%	4.18	4.79
		1%	4.94	5.58
Finite Sample n=80				
Actual Sample Size	189			
		10%	3.113	3.61
		5%	3.74	4.303
		1%	5.157	5.917

Συμπεράσματα

Όπως φαίνεται από τους πίνακες 5.1-5.6 δεν υπάρχει μακροχρόνια σχέση μεταξύ των κρυπτονομισμάτων και του Covid-19 διότι σε όλα τα F-Bounds Test το F-stat είναι μικρότερο του κατώτερου ορίου. Εδώ βέβαια το δείγμα μας είναι αρκετά μικρό και συνεπώς αξίζει να ελέγξει κανείς αν αυτή η σχέση θα συνεχίσει να υφίσταται ως έχει, ή θα αλλάξει. (Για τα Error Correction Models βλ. Παράρτημα Πίνακες Α).

5.3 Έλεγχος Υποθέσεων Μέσης Τιμής Αποδόσεων και Εκτίμηση Κινδύνου

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μέσης ημερήσιας απόδοσης πριν και μετά την πανδημία όπως προέκυψαν από το E-views και εξετάζεται η στατιστική σημαντικότητα αυτής της διαφοράς. Η H_0 υποθέτει πως η μέση απόδοση του κρυπτονομίσματος πριν την πανδημία ισούται με την μέση απόδοση του κρυπτονομίσματος μετά την πανδημία. Η στατιστική του ελέγχου είναι το z και για να είναι στατιστικά σημαντικό πρέπει το Asymp. Sig. να είναι μικρότερο του 0.05 για επίπεδο σημαντικότητας 5%. Σε αυτή την περίπτωση απορρίπτεται η H_0 .

Πίνακας 5.7 Statistics για τα RBTC, RTC, RXRP πριν και μετά την πανδημία

Statistics					
Dumcovid			RBTC	RLTC	RXRP
0	N	Valid	1635	1635	1635
		Missing	1	1	1
	Mean		0,21%	0,16%	0,21%
1	N	Valid	191	191	191
		Missing	0	0	0
	Mean		0,14%	0,00%	0,05%

Πίνακας 5.8 Έλεγχος Mann-Whitney U για τα RBTC, RLTC, RXRP

Test Statistics			
	RBTC	RLTC	RXRP
Mann-Whitney U	153887,000	151312,000	144290,000
Wilcoxon W	172223,000	1488742,000	1481720,000
Z	-,327	-,701	-1,719
Asymp. Sig. (2-tailed)	,744	,484	,086

Όπως φαίνεται στους παραπάνω πίνακες το Asymp. Sig. είναι μεγαλύτερο του 0.05 και συνεπώς η μέση απόδοση των κρυπτονομισμάτων Bitcoin, Litecoin και XRP παραμένουν οι ίδιες. Αν αναγάγουμε δηλαδή στον πληθυσμό δεν θα διαφέρουν οι μέσες αποδόσεις πριν και μετά την πανδημία.

Πίνακας 5.9 Statistics για το RETH πριν και μετά την πανδημία

Statistics			
Dumcovid			RETH
0	N	Valid	1629
		Missing	1
	Mean		0,25%
1	N	Valid	191
		Missing	0
	Mean		0,38%

Πίνακας 5.10 Έλεγχος Mann-Whitney U για το RETH

Test Statistics		RETH
Mann-Whitney U		145518,000
Wilcoxon W		1473153,000
Z		-1,463
Asymp. Sig. (2-tailed)		,144

Από τον πίνακα 5.10 φαίνεται πως το ETH έχει την ίδια απόδοση πριν και μετά την πανδημία καθώς και εδώ το Asymp. Sig. είναι μεγαλύτερο του 0.05.

Πίνακας 5.11 Statistics για το RBCH

Statistics			
Dumcovid			RBCH
0	N	Valid	913
		Missing	1
	Mean		-0,02%
1	N	Valid	191
		Missing	0
	Mean		-0,08%

Πίνακας 5.12 Έλεγχος Mann-Whitney U για το RBCH

Test Statistics		RBCH
Mann-Whitney U		82417,000
Wilcoxon W		499658,000
Z		-1,191
Asymp. Sig. (2-tailed)		,233

Τα συμπεράσματα για το RBCH είναι παρόμοια καθώς το $0,233 > 0,05$ συνεπώς η H_0 γίνεται δεκτή.

Πίνακας 5.13 Statistics για το RADA

Statistics			
Dumcovid			RADA
0	N	Valid	843
		Missing	1
	Mean		0,07%
1	N	Valid	191
		Missing	0
	Mean		0,58%

Πίνακας 5.14 Έλεγχος Mann-Whitney U για το RADA

Test Statistics	
	RADA
Mann-Whitney U	72828,000
Wilcoxon W	428574,000
Z	-2,060
Asymp. Sig. (2-tailed)	,039

Στο ADA όπως φαίνεται επέδρασε η πανδημία και μάλιστα βλέπουμε μια εκτόξευση της μέσης τιμής της απόδοσης από 0,07% σε 0,58% μια άνοδος πάνω από 800%. Δημιουργείτε αυτομάτως ένα ερώτημα για το τι συνέβη και για ποιον λόγο οι επενδυτές προτίμησαν το ADA την περίοδο αυτή.

Με βάση τα παραπάνω και καθώς πλέον η αγορά των κρυπτονομισμάτων και των κεφαλαίων που διακινούνται έχει μεγαλώσει πάρα πολύ, έχει νόημα να εξετάσουμε αν υπάρχουν φαινόμενα ARCH στις αποδόσεις των κρυπτονομισμάτων, αν υπάρχει δηλαδή “volatility clustering”. Η μηδενική υπόθεση είναι ότι δεν υπάρχουν φαινόμενα ARCH και τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 5.15 Heteroskedasticity Test: ARCH, Variable: RBTC

F-Statistic	17.71883	Prob. F(1,1823)	0.0000
Obs*R-squared	17.56752	Prob. Chi-Square(1)	0.0000

Πίνακας 5.16 Heteroskedasticity Test: ARCH, Variable: RLTC

F-Statistic	39.59647	Prob. F(1,1823)	0.0000
Obs*R-squared	38.79721	Prob. Chi-Square(1)	0.0000

Πίνακας 5.17 Heteroskedasticity Test: ARCH, Variable: RXRP

F-Statistic	166.6836	Prob. F(1,1823)	0.0000
Obs*R-squared	152.8874	Prob. Chi-Square(1)	0.0000

Πίνακας 5.18 Heteroskedasticity Test: ARCH, Variable: RETH

F-Statistic	4.275838	Prob. F(1,1817)	0.0388
Obs*R-squared	4.270495	Prob. Chi-Square(1)	0.0388

Πίνακας 5.19 Heteroskedasticity Test: ARCH, Variable: RBCH

F-Statistic	50.67038	Prob. F(1,1101)	0.0000
Obs*R-squared	48.52901	Prob. Chi-Square(1)	0.0000

Πίνακας 5.20 Heteroskedasticity Test: ARCH, Variable: RADA

F-Statistic	37.33783	Prob. F(1,1101)	0.0000
Obs*R-squared	36.10280	Prob. Chi-Square(1)	0.0000

Όπως φαίνεται στους παραπάνω πίνακες όλες οι αποδόσεις των κρυπτονομισμάτων παρουσιάζουν φαινόμενα ARCH. Στη συνέχεια υπολογίστηκε για κάθε κρυπτονόμισμα η ημερήσια διακύμανσή του (Μεταβλητότητα) μέσω της εκτίμησης ενός υποδείγματος μοντέλου Garch (1, 1). (Για την εκτίμηση του μοντέλου Garch για κάθε κρυπτονόμισμα βλ. Παράρτημα Πίνακες Β). Με αυτό τον τρόπο έχουμε διακύμανση για κάθε ημέρα. Στη συνέχεια πήραμε τις εκτιμημένες αυτές διακυμάνσεις και βρήκαμε την μέση τιμή της διακύμανσης για κάθε κρυπτονόμισμα (Mean). Παρακάτω γίνεται έλεγχος και εξάγονται συμπεράσματα για το αν επηρέασε η πανδημία τη διακύμανση ή η διαφορά αυτή που παρατηρείται οφείλεται στο δείγμα μας. Η μηδενική υπόθεση είναι πως η διακύμανση πριν και μετά την πανδημία είναι η ίδια και το test που χρησιμοποιείται είναι όπως και προηγουμένως το Mann-Whitney U test.

Πίνακας 5.21 Μέση τιμή διακύμανσης RBTC,RLTC,RXRP

Statistics					
Dumcovid			Garch_RBTC	Garch_RLTC	Garch_RXRP
0	N	Valid	1635	1635	1635
		Missing	1	1	1
	Mean		,0018	,0036	,0053
1	N	Valid	191	191	191
		Missing	0	0	0
	Mean		,0027	,0034	,0027

Πίνακας 5.22 Mann-Whitney U test για τα RBTC, RLTC, RXRP

Test Statistics			
	Garch_RBTC	Garch_RLTC	Garch_RXRP
Mann-Whitney U	153528,000	147169,000	130224,000
Wilcoxon W	171864,000	165505,000	148560,000
Z	-,379	-1,301	-3,759
Asymp. Sig. (2-tailed)	,705	,193	,000

Όπως φαίνεται στον πίνακα 5.22 οι μέσες τιμές των διακυμάνσεων των Bitcoin και Litecoin δεν διαφέρουν πριν και μετά την πανδημία. Αν αναγάγουμε δηλαδή στον πληθυσμό η μέση τιμή της διακύμανσης πριν και μετά την πανδημία θα είναι ίσες. Όμως δεν ισχύει το ίδιο για το XRP στο οποίο η μεταβλητότητα και συνεπώς ο κίνδυνος μεταβλήθηκαν και μάλιστα μειώθηκαν σχεδόν στο μισό.

Πίνακας 5.23 Μέση τιμή διακύμανσης RETH

Statistics			
Dumcovid			Garch_RETH
0	N	Valid	1629
		Missing	1
	Mean		0,0062
1	N	Valid	191
		Missing	0
	Mean		0,0039

Πίνακας 5.24 Mann-Whitney U test για την Garch_RETH

Test Statistics	
	Garch_RETH
Mann-Whitney U	125161,000
Wilcoxon W	143497,000
Z	-4,425
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000

Από τον πίνακα 5.24 τα συμπεράσματα του ETH είναι παρόμοια με αυτά του XRP, δηλαδή είναι στατιστικά σημαντική αυτή η διαφορά της μεταβλητότητας, η μειώνεται σχεδόν στο μισό μετά την πανδημία.

Πίνακας 5.25 Μέση τιμή διακύμανσης RBCH

Statistics			
Dumcovid			Garch_RBCH
0	N	Valid	913
		Missing	1
	Mean		0,0062
1	N	Valid	191
		Missing	0
	Mean		,0042

Πίνακας 5.26 Mann-Whitney U test για την Garch_RBCH

Test Statistics	
	Garch_RBCH
Mann-Whitney U	55413,000
Wilcoxon W	73749,000
Z	-7,930
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000

Στο BCH παρατηρούμε πάλι την ίδια συμπεριφορά, δηλαδή μια μείωση της μεταβλητότητας από 0,0062 στο 0,0042.

Πίνακας 5.27 Μέση τιμή διακύμανσης RADA

Statistics			
Dumcovid			Garch_RADA
0	N	Valid	843
		Missing	1
	Mean		,0057
1	N	Valid	191
		Missing	0
	Mean		,0042

Πίνακας 5.28 Mann-Whitney U test για την Garch_RADA

Test Statistics	
	Garch_RADA
Mann-Whitney U	74892,000
Wilcoxon W	93228,000
Z	-1,507
Asymp. Sig. (2-tailed)	,132

Το ADA όπως προκύπτει από τον πίνακα 5.28 δεν επηρεάστηκε ως προς την μεταβλητότητα καθώς το $0,132 > 0,05$ και συνεπώς δεχόμαστε την μηδενική υπόθεση.

Συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό βλέπουμε πως η πανδημία επηρέασε περισσότερο τον κίνδυνο των κρυπτονομισμάτων και όχι τόσο την μέση απόδοση. Μάλιστα επηρέασε τον κίνδυνο θετικά, δηλαδή μειώθηκε ο κίνδυνος (ίσως σταθεροποιήθηκε η τιμή τους και αξίζει να μελετηθεί).

6. PAIRS TRADING

6.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζεται η σχέση μεταξύ των κρυπτονομισμάτων. Εξετάζεται η συσχέτιση τους και χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι συνολοκλήρωσης Johansen και Engle&Granger ώστε να αποδείξουμε εάν όντως τα έξι υπό εξέταση κρυπτονομίσματα παρουσιάζουν μια μακροχρόνια σχέση. Τέλος χρησιμοποιούμε τις συνολοκληρωμένες μεταβλητές και περιγράφεται η δημιουργία Pairs Trading portfolio σύμφωνα με τη θεωρία.

6.2 Έλεγχος Συνολοκλήρωση Johansen

Πίνακας 6.1 Συσχέτιση Κρυπτονομισμάτων

Συσχέτιση	RBTC	RLTC	RXRP	RETH	RBCH	RADA
RBTC	1,000	0,732	0,540	0,762	0,629	0,572
RLTC	0,732	1,000	0,615	0,823	0,657	0,600
RXRP	0,540	0,615	1,000	0,684	0,545	0,666
RETH	0,762	0,823	0,684	1,000	0,722	0,652
RBCH	0,629	0,657	0,545	0,722	1,000	0,497
RADA	0,572	0,600	0,666	0,652	0,497	1,000

Πίνακας 6.2 Trace – Max-Eigenvalue test για τα ADA BCH BTC ETH LTC XRP

Sample (adjusted): 10/06/2017 7/31/2020				
Included observations: 1030 after adjustments				
Trend assumption: Linear deterministic trend				
Lags interval (in first differences): 1 to 4				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.176972	373.5247	95.75366	0.0001
At most 1 *	0.080894	172.9167	69.81889	0.0000
At most 2 *	0.045973	86.03237	47.85613	0.0000
At most 3 *	0.023099	37.55685	29.79707	0.0052
At most 4	0.008304	13.48588	15.49471	0.0982
At most 5 *	0.004743	4.897168	3.841466	0.0269
Trace test indicates 4 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.176972	200.6080	40.07757	0.0001
At most 1 *	0.080894	86.88432	33.87687	0.0000
At most 2 *	0.045973	48.47552	27.58434	0.0000
At most 3 *	0.023099	24.07098	21.13162	0.0187
At most 4	0.008304	8.588707	14.26460	0.3220
At most 5 *	0.004743	4.897168	3.841466	0.0269
Max-eigenvalue test indicates 4 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				

Από τον πίνακα 6.2 το Rank Test και το Max Eigenvalue δείχνουν πως υπάρχουν 4 σχέσεις συνολοκλήρωσης (δηλαδή γραμμικές σχέσεις). Συνεπώς από τα 6 κρυπτονομίσματα πρέπει τα 5 μεταβλητές να είναι συνολοκληρωμένες. Έτσι προκύπτουν 6 συνδυασμοί οι οποίοι εξετάζονται παρακάτω. Για να είναι έχουν οι 5 μεταβλητές μακροχρόνια σχέση πρέπει από τον έλεγχο να προκύπτει ότι υπάρχουν 4 σχέσεις συνολοκλήρωσης.

Πίνακας 6.3 Trace – Max-Eigenvalue test για τα BTC, LTC, XRP, ETH, ADA

Sample (adjusted): 10/06/2017 7/31/2020				
Included observations: 1030 after adjustments				
Trend assumption: Linear deterministic trend				
Series: BTC LTC XRP ETH ADA				
Lags interval (in first differences): 1 to 4				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.115860	249.1258	69.81889	0.0000
At most 1 *	0.064648	122.2917	47.85613	0.0000
At most 2 *	0.037028	53.45470	29.79707	0.0000
At most 3	0.008615	14.59202	15.49471	0.0681
At most 4 *	0.005499	5.679811	3.841466	0.0172
Trace test indicates 3 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.115860	126.8341	33.87687	0.0000
At most 1 *	0.064648	68.83700	27.58434	0.0000
At most 2 *	0.037028	38.86268	21.13162	0.0001
At most 3	0.008615	8.912211	14.26460	0.2935
At most 4 *	0.005499	5.679811	3.841466	0.0172
Max-eigenvalue test indicates 3 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				

Πίνακας 6.4 Trace – Max-Eigenvalue test για τα BTC, LTC, XRP, BCH, ADA

Sample (adjusted): 10/06/2017 7/31/2020				
Included observations: 1030 after adjustments				
Trend assumption: Linear deterministic trend				
Series: BTC LTC XRP BCH ADA				
Lags interval (in first differences): 1 to 4				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.093230	218.3977	69.81889	0.0000
At most 1 *	0.073297	117.5950	47.85613	0.0000
At most 2 *	0.022087	39.18880	29.79707	0.0031
At most 3 *	0.008574	16.18453	15.49471	0.0393
At most 4 *	0.007077	7.315025	3.841466	0.0068
Trace test indicates 5 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.093230	100.8027	33.87687	0.0000
At most 1 *	0.073297	78.40615	27.58434	0.0000
At most 2 *	0.022087	23.00427	21.13162	0.0270
At most 3	0.008574	8.869505	14.26460	0.2972
At most 4 *	0.007077	7.315025	3.841466	0.0068
Max-eigenvalue test indicates 3 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				

Πίνακας 6.5 Trace – Max-Eigenvalue test για τα BTC, LTC, ETH, BCH, ADA

Sample (adjusted): 10/06/2017 7/31/2020				
Included observations: 1030 after adjustments				
Trend assumption: Linear deterministic trend				
Series: BTC LTC ETH BCH ADA				
Lags interval (in first differences): 1 to 4				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.139542	263.2940	69.81889	0.0000
At most 1 *	0.065506	108.4952	47.85613	0.0000
At most 2 *	0.023739	38.71307	29.79707	0.0036
At most 3	0.008831	13.96724	15.49471	0.0838
At most 4 *	0.004679	4.830912	3.841466	0.0279
Trace test indicates 3 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.139542	154.7988	33.87687	0.0001
At most 1 *	0.065506	69.78216	27.58434	0.0000
At most 2 *	0.023739	24.74583	21.13162	0.0148
At most 3	0.008831	9.136328	14.26460	0.2750
At most 4 *	0.004679	4.830912	3.841466	0.0279
Max-eigenvalue test indicates 3 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				

Πίνακας 6.6 Trace – Max-Eigenvalue test για τα BTC, XRP, ETH, BCH, ADA

Sample (adjusted): 10/06/2017 7/31/2020				
Included observations: 1030 after adjustments				
Trend assumption: Linear deterministic trend				
Series: BTC XRP ETH BCH ADA				
Lags interval (in first differences): 1 to 4				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.149667	301.5633	69.81889	0.0001
At most 1 *	0.074403	134.5725	47.85613	0.0000
At most 2 *	0.040284	54.93625	29.79707	0.0000
At most 3	0.007417	12.58479	15.49471	0.1310
At most 4 *	0.004763	4.917300	3.841466	0.0266
Trace test indicates 3 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.149667	166.9908	33.87687	0.0001
At most 1 *	0.074403	79.63626	27.58434	0.0000
At most 2 *	0.040284	42.35146	21.13162	0.0000
At most 3	0.007417	7.667487	14.26460	0.4135
At most 4 *	0.004763	4.917300	3.841466	0.0266
Max-eigenvalue test indicates 3 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				

Πίνακας 6.7 Trace – Max-Eigenvalue test για τα LTC, XRP, ETH, BCH, ADA

Sample (adjusted): 10/06/2017 7/31/2020				
Included observations: 1030 after adjustments				
Trend assumption: Linear deterministic trend				
Series: LTC XRP ETH BCH ADA				
Lags interval (in first differences): 1 to 4				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.145532	306.7485	69.81889	0.0001
At most 1 *	0.076883	144.7540	47.85613	0.0000
At most 2 *	0.038699	62.35520	29.79707	0.0000
At most 3 *	0.017251	21.70334	15.49471	0.0051
At most 4	0.003662	3.779238	3.841466	0.0519
Trace test indicates 4 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.145532	161.9946	33.87687	0.0001
At most 1 *	0.076883	82.39876	27.58434	0.0000
At most 2 *	0.038699	40.65186	21.13162	0.0000
At most 3 *	0.017251	17.92410	14.26460	0.0126
At most 4	0.003662	3.779238	3.841466	0.0519
Max-eigenvalue test indicates 4 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				

Πίνακας 6.8 Trace – Max-Eigenvalue test για τα BTC, LTC, XRP, ETH, BCH

Sample (adjusted): 10/06/2017 7/31/2020				
Included observations: 1030 after adjustments				
Trend assumption: Linear deterministic trend				
Series: BTC LTC XRP ETH BCH				
Lags interval (in first differences): 1 to 4				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.140014	265.0640	69.81889	0.0000
At most 1 *	0.065908	109.6990	47.85613	0.0000
At most 2 *	0.024224	39.47311	29.79707	0.0028
At most 3	0.008557	14.21545	15.49471	0.0772
At most 4 *	0.005194	5.363312	3.841466	0.0206
Trace test indicates 3 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.140014	155.3649	33.87687	0.0001
At most 1 *	0.065908	70.22590	27.58434	0.0000
At most 2 *	0.024224	25.25766	21.13162	0.0124
At most 3	0.008557	8.852139	14.26460	0.2987
At most 4 *	0.005194	5.363312	3.841466	0.0206
Max-eigenvalue test indicates 3 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				

Από τον πίνακα 6.7 τα κρυπτονομίσματα LTC, XRP, ETH, BCH, ADA είναι συνολοκληρωμένα αφού και τα δύο test δείχνουν να υπάρχουν 4 σχέσεις συνολοκλήρωσης. Με άλλα λόγια παρατηρούμε ότι όπου συμμετέχει το Bitcoin δεν υπάρχουν σχέσεις συνολοκλήρωσης. Το Bitcoin όπως φαίνεται είναι κάτι διαφορετικό, βρίσκεται μόνο του και δεν έχει κάποια σχέση με τα υπόλοιπα κρυπτονομίσματα.

Στην επόμενη ενότητα γίνεται έλεγχος συνολοκλήρωσης ανά δύο. Έχουμε δηλαδή δέκα ζευγάρια και εφόσον έχουμε δύο μεταβλητές εφαρμόστηκε η μέθοδος Engle & Granger.

6.3 Έλεγχος Συνολοκλήρωσης Engle&Granger

Παρακάτω δίνονται οι πίνακες που προέκυψαν μέσω του Eviews. Ο έλεγχος και για τα δέκα ζευγάρια έγινε από τις 10/01/2017 έως τις 7/31/2020, δηλαδή έχουμε 1035 παρατηρήσεις. Η μηδενική υπόθεση είναι πως δεν υπάρχει σχέση συνολοκλήρωσης. Τέλος χρησιμοποιήθηκε σταθερά, ενώ τα lags καθορίστηκαν με το κριτήριο του Schwartz (maxlag=21). Οι κριτικές τιμές του test είναι σύμφωνα με τις κριτικές τιμές του MacKinnon (1996) p-values.

Πίνακας 6.9 Engle & Granger Cointegration Test LTC-XRP

Dependent	tau-statistic	Prob.*	z-statistic	Prob.*
LTC	-4.307767	0.0026	-47.16425	0.0001
XRP	-5.919773	0.0000	-138.8613	0.0000

Πίνακας 6.10 Engle & Granger Cointegration Test LTC-ETH

Dependent	tau-statistic	Prob.*	z-statistic	Prob.*
LTC	-5.053955	0.0001	-58.80292	0.0000
ETH	-3.774188	0.0151	-32.04350	0.0041

Πίνακας 6.11 Engle & Granger Cointegration Test LTC-BCH

Dependent	tau-statistic	Prob.*	z-statistic	Prob.*
LTC	-3.649281	0.0218	-29.44835	0.0073
BCH	-3.492570	0.0337	-26.85494	0.0130

Πίνακας 6.12 Engle & Granger Cointegration Test LTC-ADA

Dependent	tau-statistic	Prob.*	z-statistic	Prob.*
LTC	-4.339553	0.0023	-39.82186	0.0007
ADA	-4.665825	0.0007	-46.05840	0.0002

Πίνακας 6.13 Engle & Granger Cointegration Test XRP-ETH

Dependent	tau-statistic	Prob.*	z-statistic	Prob.*
XRP	-5.692771	0.0000	-147.2460	0.0000
ETH	-4.203324	0.0037	-47.49336	0.0001

Πίνακας 6.14 Engle & Granger Cointegration Test XRP-BCH

Dependent	tau-statistic	Prob.*	z-statistic	Prob.*
XRP	-4.132319	0.0048	-48.86237	0.0001
BCH	-3.246082	0.0634	-24.79012	0.0203

Πίνακας 6.15 Engle & Granger Cointegration Test XRP-ADA

Dependent	tau-statistic	Prob.*	z-statistic	Prob.*
XRP	-5.560690	0.0000	-93.01325	0.0000
ADA	-4.759055	0.0005	-61.65426	0.0000

Πίνακας 6.16 Engle & Granger Cointegration Test ETH-BCH

Dependent	tau-statistic	Prob.*	z-statistic	Prob.*
ETH	-4.059223	0.0061	-37.38787	0.0012
BCH	-4.209724	0.0037	-40.57098	0.0006

Πίνακας 6.17 Engle & Granger Cointegration Test ETH-ADA

Dependent	tau-statistic	Prob.*	z-statistic	Prob.*
ETH	-4.568593	0.0010	-62.70845	0.0000
ADA	-5.645630	0.0000	-131.4799	0.0000

Πίνακας 6.18 Engle & Granger Cointegration Test BCH-ADA

Dependent	tau-statistic	Prob.*	z-statistic	Prob.*
BCH	-3.094633	0.0903	-23.32978	0.0276
ADA	-3.416564	0.0413	-28.73239	0.0086

Από τους παραπάνω πίνακες φαίνεται πως υπάρχει σχέση συνολοκλήρωσης ανά δύο για τα κρυπτονομίσματα LTC, XRP, ETH, BCH, ADA. Συνεπώς μπορεί κανείς να τα χρησιμοποιήσει στο χαρτοφυλάκιο του και σύμφωνα με τα διαγράμματα τυπικών αποκλίσεων να ανοίξει μια θέση ανάλογα με την τιμή του Spread το οποίο έχει κανονικοποιηθεί (βλ. Πίνακες Γ). Στην παρούσα εργασία ως threshold levels χρησιμοποιούνται οι τιμές $z_t = \{-0,7, -0,4, 0,4, 0,7\}$. Παρακάτω παρουσιάζονται οι δύο τεχνικές ανάλογα με το αν υπάρχει η δυνατότητα ανοιχτής πώλησης (short position).

6.4 The Unrestricted Strategy

Στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχουν περιορισμοί και επιτρέπεται η θέση Short. Το Spread έχει υπολογιστεί με σύμφωνα με τη σχέση $S_t = \ln(y_t) - \alpha - \beta_1 \ln(z_t)$ και στη συνέχεια κανονικοποιήθηκε σύμφωνα με την σχέση (3.7.3). Έτσι η θέση που μπορεί να ανοίξει ένας trader καθορίζεται από το διάγραμμα τυπικής απόκλισης και συγκεκριμένα από την απόσταση που υπάρχει από την μακροχρόνια μέση τιμή. Όταν το standardized Spread ξεπεράσει το 0.7 ή πέσει κάτω από το -0.7 τότε σίγουρα τα asset

είναι λάθος τιμολογημένα στην αγορά. Στη συνέχεια όπου αναφέρεται το Spread εννοείται ότι είναι το standardized. Σύμφωνα με την μέθοδο αν το Spread ξεπεράσει το 0.7 πρέπει να πάρουμε θέση short στο χαρτοφυλάκιο δηλαδή πουλήσουμε ανοιχτά $\frac{1}{\beta}$ ποσότητα του του y_t και θέση long σε 1 ποσότητα του νομίσματος z_t . Εάν το Spread είναι κάτω από το -0.7 τότε το χαρτοφυλάκιο είναι υποτιμημένο και αναμένουμε άνοδο. Έτσι πρέπει να πάρουμε θέση long δηλαδή να αγοράσουμε το νόμισμα που επηρεάζει την άνοδο και να πουλήσουμε (short) το νόμισμα που επηρεάζει την κάθοδο. Έτσι θα προβούμε σε αγορά 1 ποσότητας y_t ενώ θα πουλήσουμε β ποσότητα του νομίσματος z_t . Η Θέση long μπορεί να κλείσει όταν το Spread ξεπεράσει το -0.4 και η θέση short όταν μειωθεί κάτω από το 0.4. Στο σημείο αυτό αξίζει κάποιος να παρατηρήσει πως εκτός από τον κίνδυνο της αγοράς των κρυπτονομισμάτων, έχουμε και τον κίνδυνο του συγκεκριμένου ζευγαριού νομισμάτων για τα οποία εφαρμόζεται η στρατηγική. (Isaksen, 2019)

6.5 The Restricted Strategy

Στην περίπτωση αυτή δεν επιτρέπεται η ανοιχτή πώληση. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη μέθοδος για άπειρους trader με την έννοια ότι η ανοιχτή πώληση είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη και δεν απαιτεί τόσο καλή γνώση της πλατφόρμας του ανταλλακτηρίου. Έτσι σε αυτή την περίπτωση επιτρέπεται μόνο η θέση long. Σε περίπτωση που το Spread ξεπεράσει το 0.7 τότε καθώς περιμένουμε επιστροφή προς τη μακροχρόνια μέση τιμή αγοράζουμε το νόμισμα που επηρεάζει την κάθοδο δηλαδή το z_t . Η θέση αυτή κλείνει εάν το Spread πέσει κάτω από το 0.4. Αντίστοιχα αν το Spread πέσει κάτω από το -0.7 παίρνουμε θέση long στο asset y_t . Η θέση αυτή κλείνει εάν το Spread ξεπεράσει το -0.4. (Isaksen, 2019)

7. REFERENCES

Antonopoulos, A. M. (2015) *Mastering Bitcoin*. Second. Sebastopol: O'Reilly Media.
Bitcoin Cash (2020) *What is Bitcoin Cash? | Get Started | Bitcoin.com*. Available at:
<https://www.bitcoin.com/get-started/what-is-bitcoin-cash>.

Bollerslev, T. (1986) 'Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity',
Journal of Econometrics. North-Holland, 31(3), pp. 307–327. doi: 10.1016/0304-
4076(86)90063-1.

Coinhouse (no date) ▷ *Litecoin Price, Chart & History*. Available at:
<https://www.coinhouse.com/litecoin-price>.

Coinmarketcap (2020) *Cryptocurrency Prices, Charts And Market Capitalizations | CoinMarketCap*. Available at: <https://coinmarketcap.com>.

Dickey, D. A. and Fuller, W. A. (1979) 'Distribution of the Estimators for
Autoregressive Time Series With a Unit Root', *Journal of the American Statistical
Association*. JSTOR, 74(366), p. 431. doi: 10.2307/2286348.

Emeka and Kelvin, A. (2016) 'Autoregressive Distributed Lag (ARDL) cointegration
technique: application and interpretation', *Journal of Statistical and Econometric
Methods*, 5(3), pp. 63–91.

Engle, R. (1982) 'Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of
the Variance of United Kingdom Inflation', *Econometrica*, 50(4), pp. 987–1007.

Engle, R. F. and Granger, C. W. J. (1987) 'Co-Integration and Error Correction:
Representation, Estimation', *Econometrica*, 55(2), pp. 251–276. doi:
10.2307/1913236.

FRANKENFIELD, J. (2018a) *Cardano*. Available at:
<https://www.investopedia.com/terms/c/cardano.asp-0>.

FRANKENFIELD, J. (2018b) *Litecoin*. Available at:
<https://www.investopedia.com/terms/l/litecoin.asp>.

FRANKENFIELD, J. (2020) *Ethereum*. Available at:
<https://www.investopedia.com/terms/e/ethereum.asp>.

Granger, C. W. J. and Newbold, P. (1974) 'Spurious regressions in econometrics', *Journal of Econometrics*. North-Holland, 2(2), pp. 111–120. doi: 10.1016/0304-4076(74)90034-7.

Isaksen, V. (2019) *Cointegration and Pairs Trading in Major Cryptocurrencies*. University of Stavanger.

Islam, A. K. M. N., Mäntymäki, M. and Turunen, M. (2019) 'Why do blockchains split? An actor-network perspective on Bitcoin splits', *Technological Forecasting and Social Change*. Elsevier, 148(119743), pp. 1–10. doi: 10.1016/j.techfore.2019.119743.

Johansen, S. (1988) 'Statistical analysis of cointegration vectors', *Journal of Economic Dynamics and Control*. North-Holland, 12, pp. 231–254. doi: 10.1016/0165-1889(88)90041-3.

Kenton, W. (2020) *Homoskedastic Definition*. Available at:
<https://www.investopedia.com/terms/h/homoskedastic.asp>.

Kwiatkowski, D., Phillips, P., Schmidt, P., and Y. Shin (1992) 'Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. How sure are we that economic time series have a unit root?', *Journal of Econometrics*. North-Holland, 54, pp. 159–178. doi: 10.1016/0304-4076(92)90104-Y.

Laura, M. (2020) *Cardano Mining: Complete Guide on How to Mine Cardano Cryptocurrency*. Available at: <https://www.bitdegree.org/tutorials/cardano-mining>.

Liebking, J. (2018) *How Did Ethereum's Price Perform In 2017?* Available at: <https://www.investopedia.com/news/how-did-ethereums-price-perform-2017>.

Litecoin (2020) *Litecoin - Open source P2P digital currency*. Available at: <https://litecoin.org>.

Neusser, K. (2016) *Time Series Econometrics*. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-319-32862-1.

Okorie, D. I. and Lin, B. (2020) 'Did China's ICO ban alter the Bitcoin market?', *International Review of Economics and Finance*. Elsevier Inc., 69, pp. 977–993. doi: 10.1016/j.iref.2020.05.016.

Pesaran, M. H. and Shin, Y. (1995) *An Autoregressive Distributed Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis, Cambridge Working Papers in Economics*. Faculty of Economics, University of Cambridge.

Pesaran, M. H., Shin, Y. and Smith, R. J. (2001) 'Bounds testing approaches to the analysis of level relationships', *Journal of Applied Econometrics*, 16, pp. 289–326. doi: 10.1002/jae.616.

Pesaran, M., Shin, Y. and Smith, R. (1996) 'Testing for the "Existence of a Long-run Relationship"'.
Relationship".

REIFF, N. (2020a) *The 10 Most Important Cryptocurrencies Other Than Bitcoin*. Available at: <https://www.investopedia.com/tech/most-important-cryptocurrencies-other-than-bitcoin>.

REIFF, N. (2020b) *The Difference Between Bitcoin vs. Bitcoin Cash*. Available at: <https://www.investopedia.com/tech/bitcoin-vs-bitcoin-cash-whats-difference>.

SHARMA, R. (2018) *What Is The Role Of XRP In Ripple's Products?* Available at: <https://www.investopedia.com/news/what-role-xrp-ripples-products>.

Varshney, N. (no date a) *End of year crypto roundup: How did Bitcoin Cash perform in 2018?* Available at: <https://thenextweb.com/hardfork/2018/12/24/end-of-year-crypto-roundup-how-did-bitcoin-cash-perform-in-2018>.

Varshney, N. (no date b) *End of year crypto roundup: How did Ripple perform in 2018?* Available at: <https://thenextweb.com/hardfork/2018/12/26/end-of-year-crypto-roundup-how-did-ripple-perform-in-2018/>.

Yule, G. U. (1926) ‘Why do we Sometimes get Nonsense-Correlations between Time-Series?--A Study in Sampling and the Nature of Time-Series’, *Journal of the Royal Statistical Society*, 89(1), p. 63. doi: 10.2307/2341482.

Δημέλη, Σ. Π. (2013) *Σύγχρονες μέθοδοι ανάλυσης χρονολογικών σειρών*. Νέα έκδ. Athens: Εκδόσεις ΟΠΑ.

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας Α ERROR CORRECTION MODELS

1) D(LBTC)

Πίνακας 8.1 Error Correction Model, Variable: LBTC

Conditional Error Correction Regression ARDL (5,1) Dependent Variable: D(LBTC)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.204080	0.197544	1.033087	0.3030
LBTC(-1)*	-0.029161	0.021505	-1.355994	0.1768
LGLOBAL(-1)	0.003933	0.001957	2.009549	0.0460
D(LBTC(-1))	-0.117670	0.074420	-1.581149	0.1156
D(LBTC(-2))	0.075658	0.074567	1.014637	0.3116
D(LBTC(-3))	-0.083898	0.074322	-1.128849	0.2605
D(LBTC(-4))	0.145361	0.073626	1.974316	0.0499
D(LGLOBAL)	0.127584	0.064373	1.981931	0.0490
p-value incompatible with t-Bounds distribution.				
Levels Equation				
Case 2: Restricted Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LGLOBAL	0.134876	0.120156	1.122509	0.2631
C	6.998458	1.842393	3.798569	0.0002
EC = LBTC - (0.1349*LGLOBAL + 6.9985)				

2) D(LLTC)

Πίνακας 8.2 Error Correction Model, Variable: D(LLTC)

Conditional Error Correction Regression ARDL (5,1) Dependent Variable: D(LLTC)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.028342	0.142898	0.198337	0.8430
LLTC(-1)*	-0.020212	0.026863	-0.752413	0.4528
LGLOBAL(-1)	0.002960	0.003207	0.923082	0.3572
D(LLTC(-1))	-0.167786	0.076624	-2.189733	0.0298
D(LLTC(-2))	0.051882	0.076733	0.676136	0.4998
D(LLTC(-3))	-0.052941	0.076009	-0.696511	0.4870
D(LLTC(-4))	0.203176	0.073749	2.754959	0.0065
D(LGLOBAL)	0.179670	0.079673	2.255079	0.0253
p-value incompatible with t-Bounds distribution.				
Levels Equation				
Case 2: Restricted Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LGLOBAL	0.146450	0.329639	0.444272	0.6574
C	1.402247	5.273769	0.265891	0.7906
EC = LLTC - (0.1464*LGLOBAL + 1.4022)				

3) D(LXRP)

Πίνακας 8.3 Error Correction Model, Variable: D(LXRP)

Conditional Error Correction Regression ARDL (5,1) Dependent Variable: D(LXRP)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.085561	0.033551	-2.550189	0.0116
LXRP(-1)*	-0.009489	0.025743	-0.368630	0.7128
LGLOBAL(-1)	0.004408	0.002358	1.869262	0.0632
D(LXRP(-1))	-0.143892	0.075427	-1.907698	0.0580
D(LXRP(-2))	0.017330	0.074880	0.231436	0.8172
D(LXRP(-3))	-0.108131	0.073325	-1.474681	0.1421
D(LXRP(-4))	0.232870	0.072510	3.211577	0.0016
D(LGLOBAL)	0.194099	0.066021	2.939962	0.0037
p-value incompatible with t-Bounds distribution.				
Levels Equation				
Case 2: Restricted Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LGLOBAL	0.464548	1.429192	0.325043	0.7455
C	-9.016431	22.68683	-0.397430	0.6915
EC = LXRP - (0.4645*LGLOBAL -9.0164)				

4) D(LETH)

Πίνακας 8.4 Error Correction Model, Variable: D(LETH)

Conditional Error Correction Regression ARDL (5,1) Dependent Variable: D(LETH)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.055677	0.120406	0.462412	0.6443
LETH(-1)*	-0.021958	0.021377	-1.027186	0.3057
LGLOBAL(-1)	0.004138	0.002393	1.729531	0.0854
D(LETH(-1))	-0.114186	0.073704	-1.549255	0.1231
D(LETH(-2))	0.054688	0.073712	0.741911	0.4591
D(LETH(-3))	-0.052495	0.073048	-0.718644	0.4733
D(LETH(-4))	0.267609	0.072277	3.702539	0.0003
D(LGLOBAL)	0.133559	0.082996	1.609223	0.1093
p-value incompatible with t-Bounds distribution.				
Levels Equation				
Case 2: Restricted Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LGLOBAL	0.188449	0.212875	0.885257	0.3772
C	2.535589	3.216043	0.788419	0.4315
EC = LETH - (0.1884*LGLOBAL + 2.5356)				

5) D(LBCH)

Πίνακας 8.5 Error Correction Model, Variable: D(LBCH)

Conditional Error Correction Regression ARDL(5,1) Dependent Variable: D(LBCH)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.200017	0.200176	0.999203	0.3190
LBCH(-1)*	-0.041172	0.028480	-1.445662	0.1500
LGLOBAL(-1)	0.001476	0.003568	0.413754	0.6795
D(LBCH(-1))	-0.109580	0.075437	-1.452594	0.1481
D(LBCH(-2))	0.043782	0.075446	0.580305	0.5624
D(LBCH(-3))	-0.058009	0.074080	-0.783059	0.4346
D(LBCH(-4))	0.220606	0.073250	3.011666	0.0030
D(LGLOBAL)	0.165067	0.086168	1.915633	0.0570
p-value incompatible with t-Bounds distribution.				
Levels Equation				
Case 2: Restricted Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LGLOBAL	0.035857	0.106110	0.337921	0.7358
C	4.858038	1.679960	2.891758	0.0043
EC = LBCH - (0.0359*LGLOBAL + 4.8580)				

6) D(LADA)

Πίνακας 8.6 Error Correction Model, Variable D(LADA)

Conditional Error Correction Regression ARDL(3,1) Dependent Variable: D(LADA)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.144352	0.062053	-2.326271	0.0211
LADA(-1)*	-0.008492	0.011468	-0.740466	0.4600
LGLOBAL(-1)	0.008205	0.002847	2.881776	0.0044
D(LADA(-1))	-0.172410	0.073080	-2.359204	0.0194
D(LADA(-2))	0.112222	0.072516	1.547543	0.1235
D(LGLOBAL)	0.226524	0.079026	2.866448	0.0046
p-value incompatible with t-Bounds distribution.				
Levels Equation				
Case 2: Restricted Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LGLOBAL	0.966214	1.222339	0.790464	0.4303
C	-16.99867	17.99780	-0.944486	0.3462
EC = LADA - (0.9662*LGLOBAL -16.9987)				

Πίνακες B GARCH

1) RBTC

Πίνακας 8.7 Μοντέλο Garch(1,1) για το RBTC

Dependent Variable: RBTC

Method: ML ARCH - Generalized error distribution (GED) (BFGS / Marquardt step

Sample (adjusted): 8/02/2015 7/31/2020

Included observations: 1826 after adjustments

Convergence achieved after 39 iterations

Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Presample variance: backcast (parameter = 0.7)

GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*GARCH(-1)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.001835	0.000319	5.750777	0.0000
Variance Equation				
C	2.20E-05	6.45E-06	3.413311	0.0006
RESID(-1)^2	0.173236	0.028068	6.172136	0.0000
GARCH(-1)	0.846169	0.020555	41.16655	0.0000
GED PARAMETER	0.807876	0.026484	30.50390	0.0000
R-squared	-0.000022	Mean dependent var		0.002023
Adjusted R-squared	-0.000022	S.D. dependent var		0.039918
S.E. of regression	0.039918	Akaike info criterion		-4.171789
Sum squared resid	2.908037	Schwarz criterion		-4.156701
Log likelihood	3813.843	Hannan-Quinn criter.		-4.166223
Durbin-Watson stat	2.052025			

GARCH_RBTC

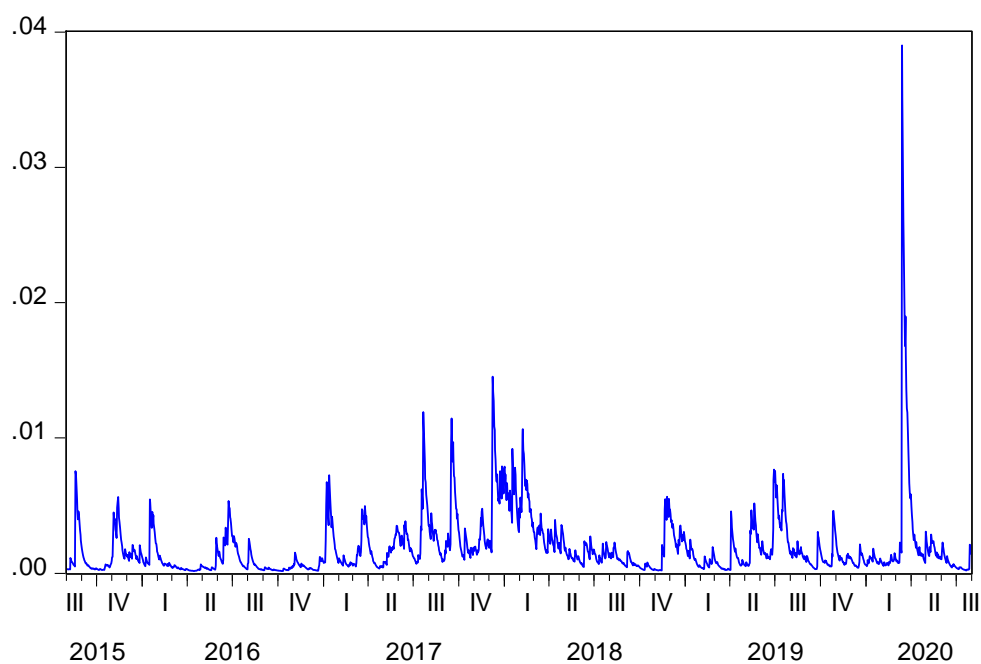


Figure 8.1 Garch_RBTC

2) LTC

Πίνακας 8.8 Μοντέλο Garch(1,1) για το RLTC

Dependent Variable: RLTC

Method: ML ARCH - Generalized error distribution (GED) (BFGS / Marquardt steps)

Sample (adjusted): 8/02/2015 7/31/2020

Included observations: 1826 after adjustments

Convergence achieved after 50 iterations

Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Presample variance: backcast (parameter = 0.7)

GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*GARCH(-1)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-0.001130	0.000410	-2.757124	0.0058
Variance Equation				
C	2.28E-05	7.56E-06	3.012801	0.0026
RESID(-1)^2	0.114398	0.020291	5.637752	0.0000
GARCH(-1)	0.895481	0.014479	61.84508	0.0000
GED PARAMETER	0.779161	0.022395	34.79187	0.0000
R-squared	-0.002187	Mean dependent var		0.001444
Adjusted R-squared	-0.002187	S.D. dependent var		0.055059
S.E. of regression	0.055119	Akaike info criterion		-3.592163
Sum squared resid	5.544582	Schwarz criterion		-3.577076
Log likelihood	3284.645	Hannan-Quinn criter.		-3.586598
Durbin-Watson stat	2.009142			

GARCH_RLTC

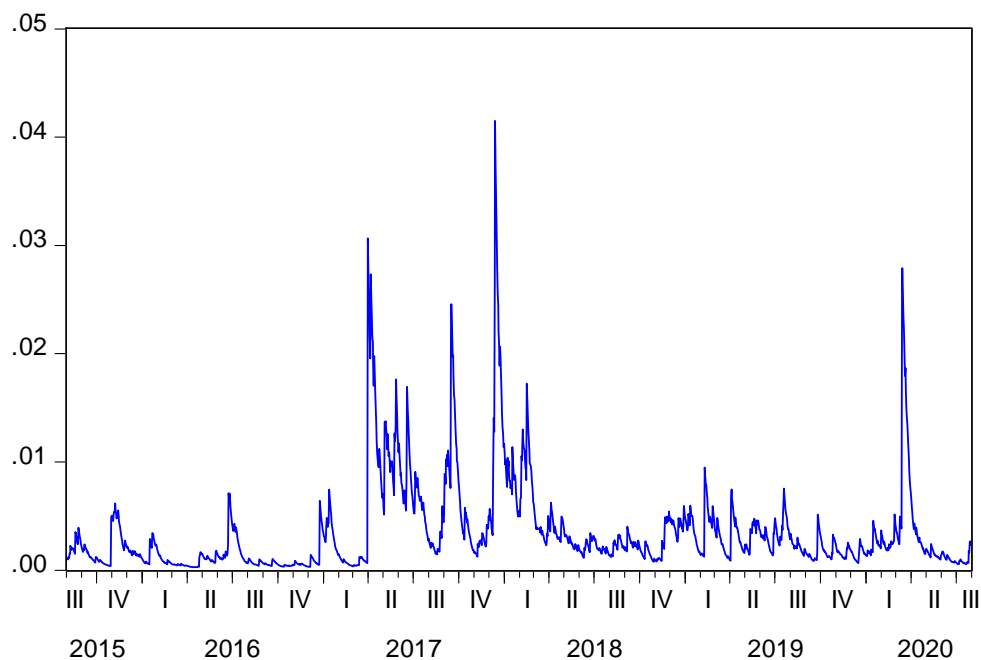


Figure 8.2 Garch_RLTC

3) RXRP

Πίνακας 8.9 Μοντέλο Garch(1,1) για το RXRP

Dependent Variable: RXRP

Method: ML ARCH - Generalized error distribution (GED) (BFGS / Marquardt steps)

Sample (adjusted): 8/02/2015 7/31/2020

Included observations: 1826 after adjustments

Convergence achieved after 31 iterations

Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Presample variance: backcast (parameter = 0.7)

GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*GARCH(-1)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-0.003286	0.000448	-7.337545	0.0000
Variance Equation				
C	0.000145	2.61E-05	5.532963	0.0000
RESID(-1)^2	0.273210	0.045303	6.030752	0.0000
GARCH(-1)	0.728469	0.030774	23.67184	0.0000
GED PARAMETER	0.795769	0.027242	29.21148	0.0000
R-squared	-0.006055	Mean dependent var		0.001889
Adjusted R-squared	-0.006055	S.D. dependent var		0.066518
S.E. of regression	0.066719	Akaike info criterion		-3.578079
Sum squared resid	8.123933	Schwarz criterion		-3.562991
Log likelihood	3271.786	Hannan-Quinn criter.		-3.572513
Durbin-Watson stat	2.025455			

GARCH_RXRP

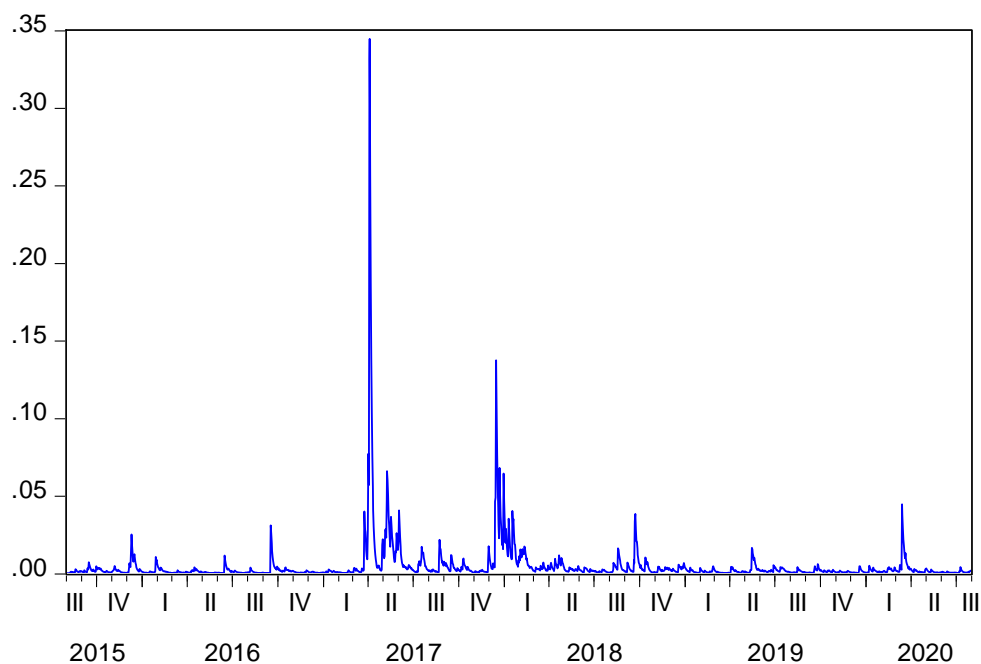


Figure 8.3 Garch_RXRP

4) RETH

Πίνακας 8.10 Μοντέλο Garch(1,1) για το RETH

Dependent Variable: RETH

Method: ML ARCH - Generalized error distribution (GED) (BFGS / Marquardt steps)

Sample (adjusted): 8/08/2015 7/31/2020

Included observations: 1820 after adjustments

Convergence achieved after 51 iterations

Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Presample variance: backcast (parameter = 0.7)

GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*GARCH(-1)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-0.000688	0.000739	-0.931952	0.3514
Variance Equation				
C	0.000279	5.90E-05	4.722140	0.0000
RESID(-1)^2	0.231965	0.040033	5.794340	0.0000
GARCH(-1)	0.716638	0.036716	19.51816	0.0000
GED PARAMETER	0.923916	0.035394	26.10367	0.0000
R-squared	-0.002279	Mean dependent var		0.002651
Adjusted R-squared	-0.002279	S.D. dependent var		0.069983
S.E. of regression	0.070063	Akaike info criterion		-3.137200
Sum squared resid	8.929147	Schwarz criterion		-3.122072
Log likelihood	2859.852	Hannan-Quinn criter.		-3.131619
Durbin-Watson stat	1.736065			

GARCH_ETH

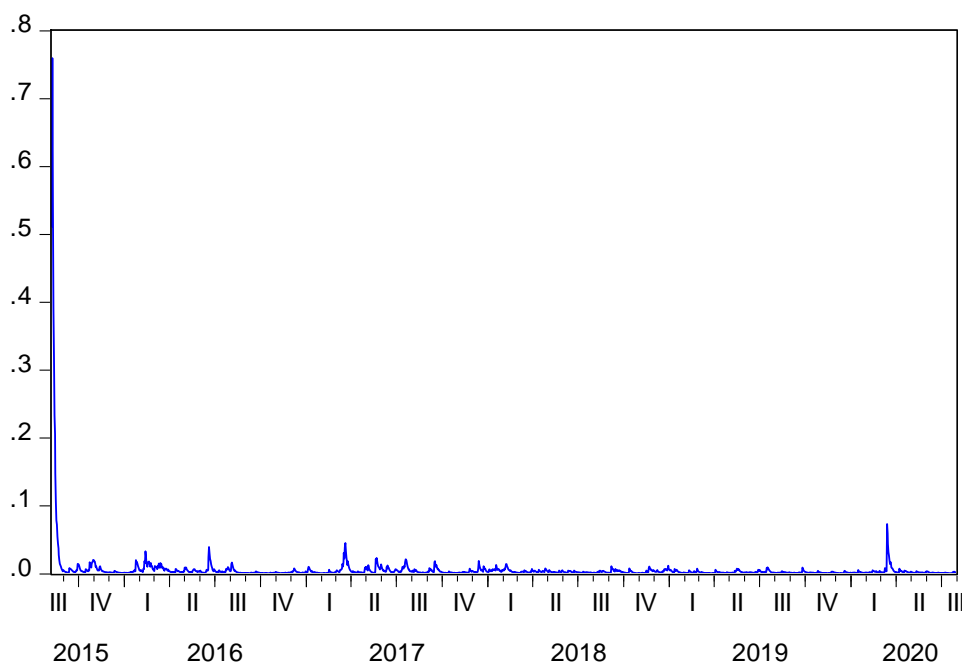


Figure 8.4 Garch_RETH

5) RBCH

Πίνακας 8.11 Μοντέλο Garch(1,1) για το RBCH

Dependent Variable: RBCH

Method: ML ARCH - Generalized error distribution (GED) (BFGS / Marquardt steps)

Sample (adjusted): 7/24/2017 7/31/2020

Included observations: 1104 after adjustments

Convergence achieved after 29 iterations

Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Presample variance: backcast (parameter = 0.7)

GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*GARCH(-1)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-0.003102	0.000865	-3.585338	0.0003
Variance Equation				
C	8.25E-05	3.61E-05	2.285124	0.0223
RESID(-1)^2	0.071006	0.018112	3.920323	0.0001
GARCH(-1)	0.913443	0.019709	46.34703	0.0000
GED PARAMETER	0.799867	0.036439	21.95060	0.0000
R-squared	-0.001354	Mean dependent var		-0.000288
Adjusted R-squared	-0.001354	S.D. dependent var		0.076494
S.E. of regression	0.076545	Akaike info criterion		-2.869325
Sum squared resid	6.462688	Schwarz criterion		-2.846650
Log likelihood	1588.867	Hannan-Quinn criter.		-2.860748
Durbin-Watson stat	1.858126			

GARCH_RBCH

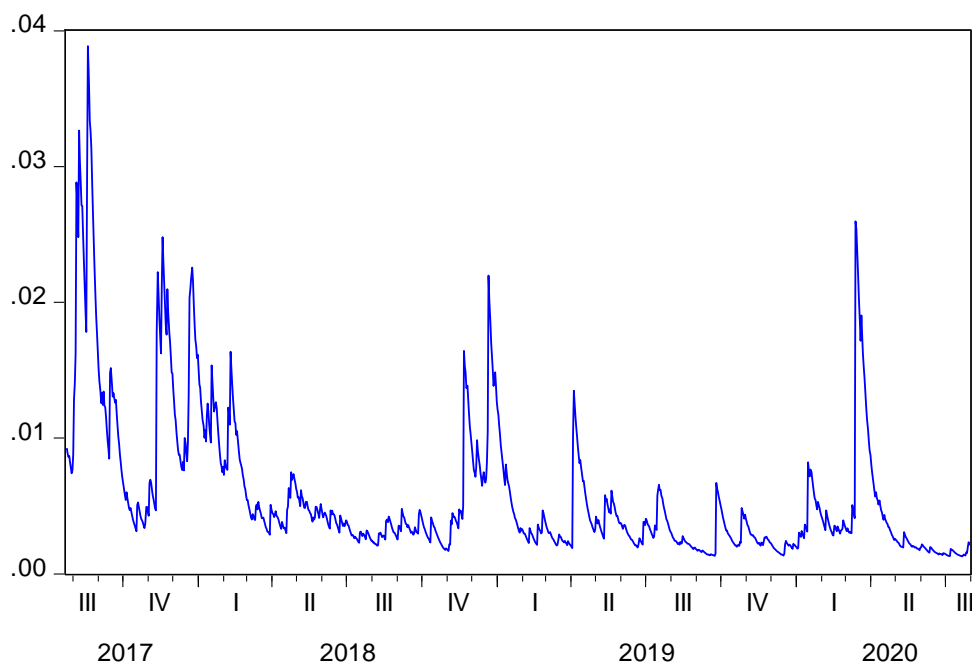


Figure 8.5 Garch_RBCH

6) RADA

Πίνακας 8.12 Μοντέλο Garch(1,1) για το RADA

Dependent Variable: RADA

Method: ML ARCH - Generalized error distribution (GED) (BFGS / Marquardt steps)

Sample (adjusted): 10/02/2017 7/31/2020

Included observations: 1034 after adjustments

Convergence achieved after 52 iterations

Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Presample variance: backcast (parameter = 0.7)

GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*GARCH(-1)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-0.000104	0.001300	-0.080204	0.9361
Variance Equation				
C	0.000115	4.28E-05	2.684805	0.0073
RESID(-1)^2	0.070151	0.017145	4.091581	0.0000
GARCH(-1)	0.901936	0.021741	41.48586	0.0000
GED PARAMETER	1.021042	0.045282	22.54834	0.0000
R-squared	-0.000537	Mean dependent var		0.001659
Adjusted R-squared	-0.000537	S.D. dependent var		0.076128
S.E. of regression	0.076148	Akaike info criterion		-2.837271
Sum squared resid	5.989922	Schwarz criterion		-2.813378
Log likelihood	1471.869	Hannan-Quinn criter.		-2.828205
Durbin-Watson stat	2.011895			

GARCH_RADA

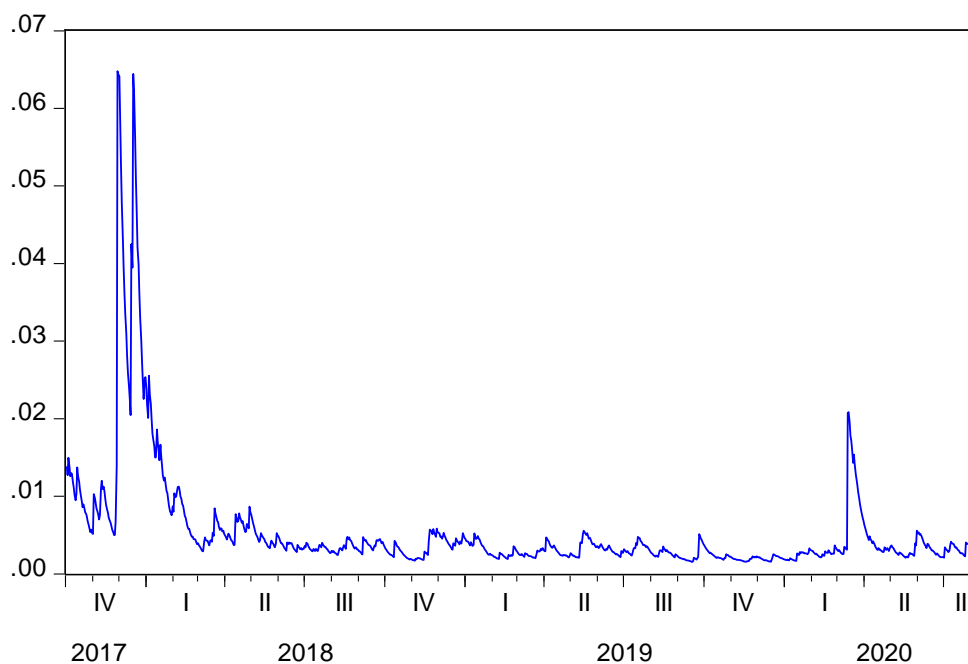


Figure 8.6 Garch_RADA

Πίνακες Γ Τυπικές Αποκλίσεις

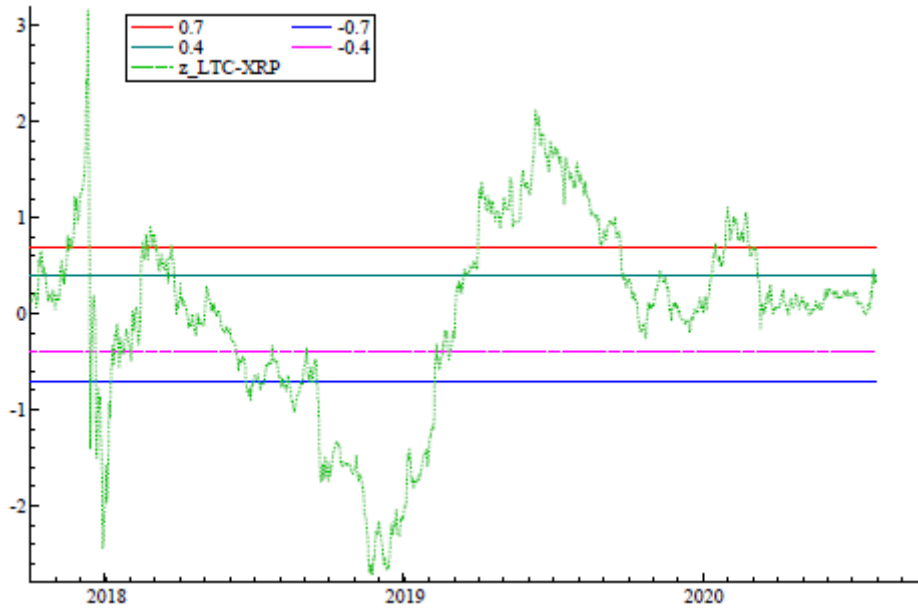


Figure 8.7 Spread(Standardized) LTC-XRP

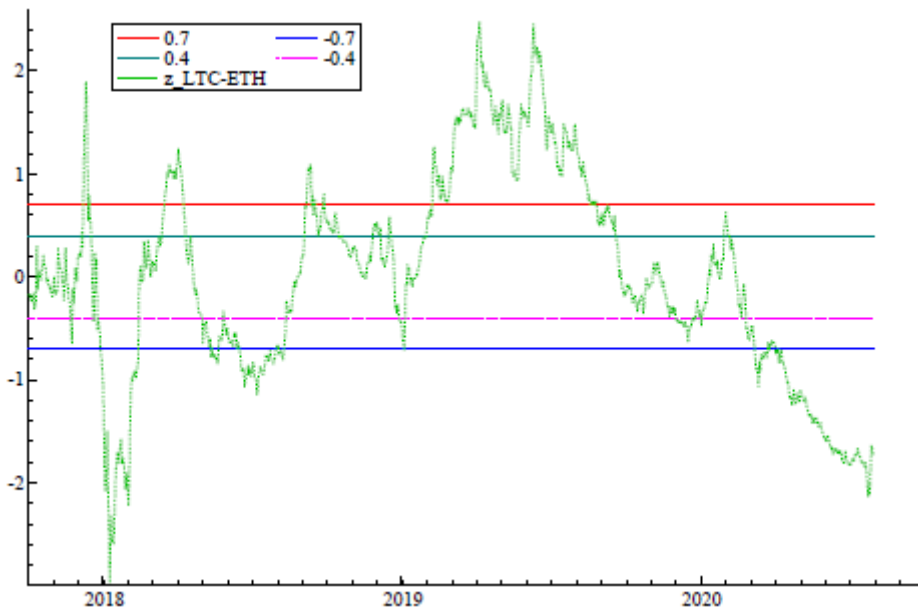


Figure 8.8 Spread(Standardized) LTC-ETH

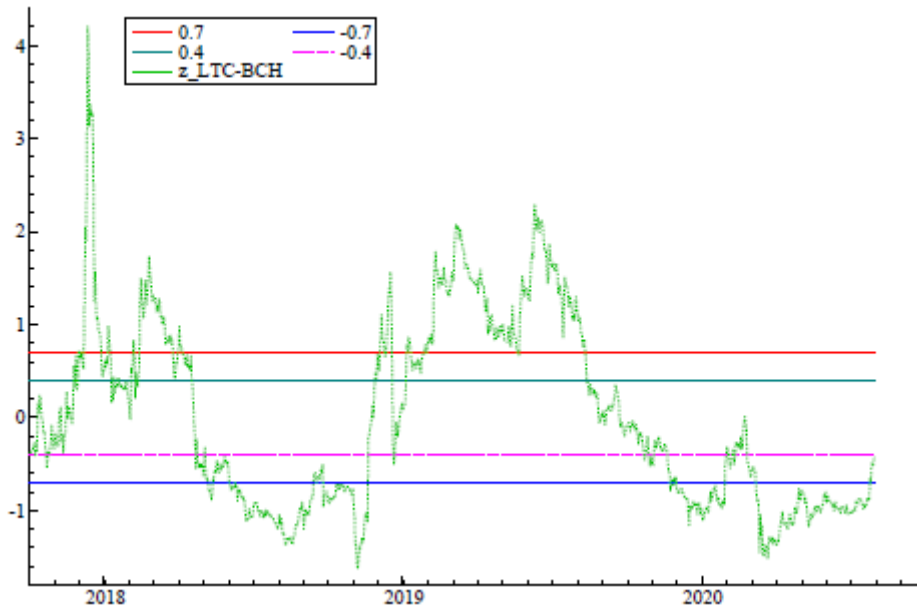


Figure 8.9 Spread(Standardized) LTC-BCH

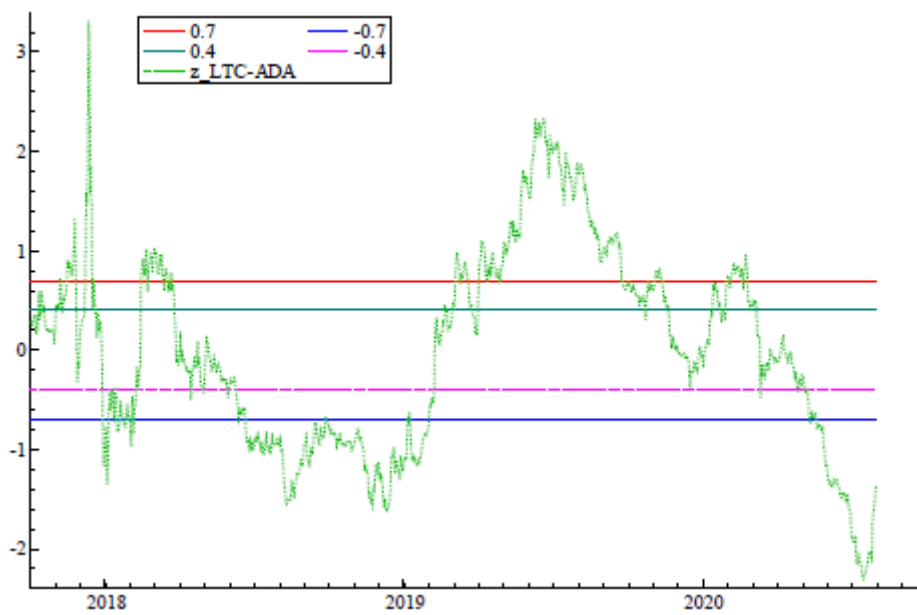


Figure 8.10 Spread(Standardized) LTC-ADA

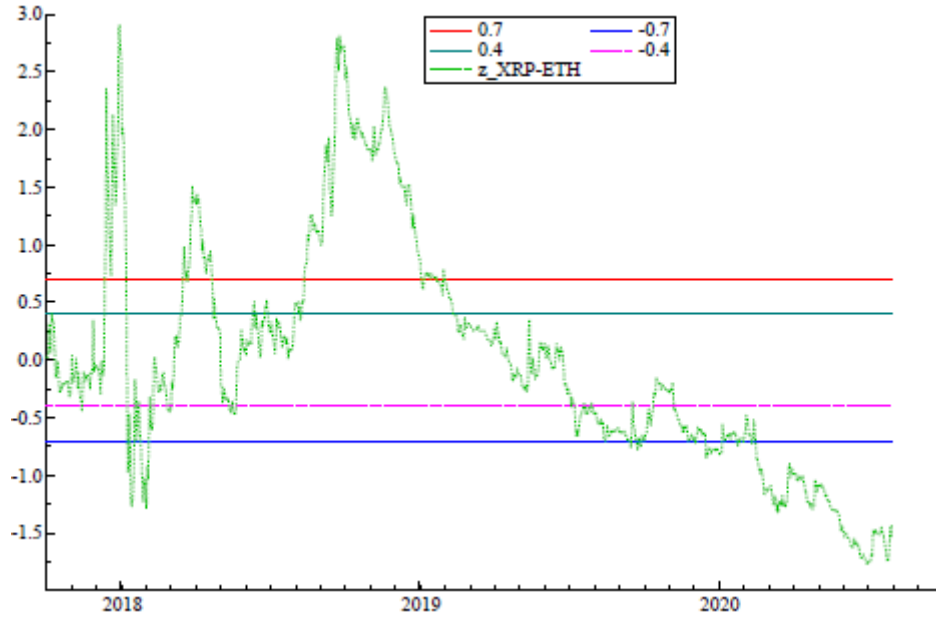


Figure 8.11 Spread(Standardized) XRP-ETH



Figure 8.12 Spread(Standardized) XRP-BCH

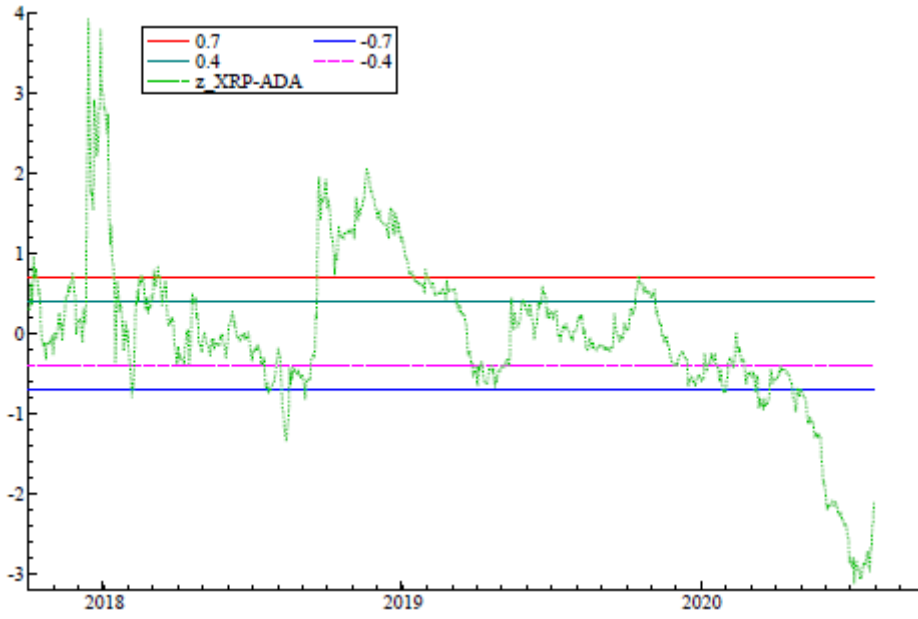


Figure 8.13 Spread(Standardized) XRP-ADA

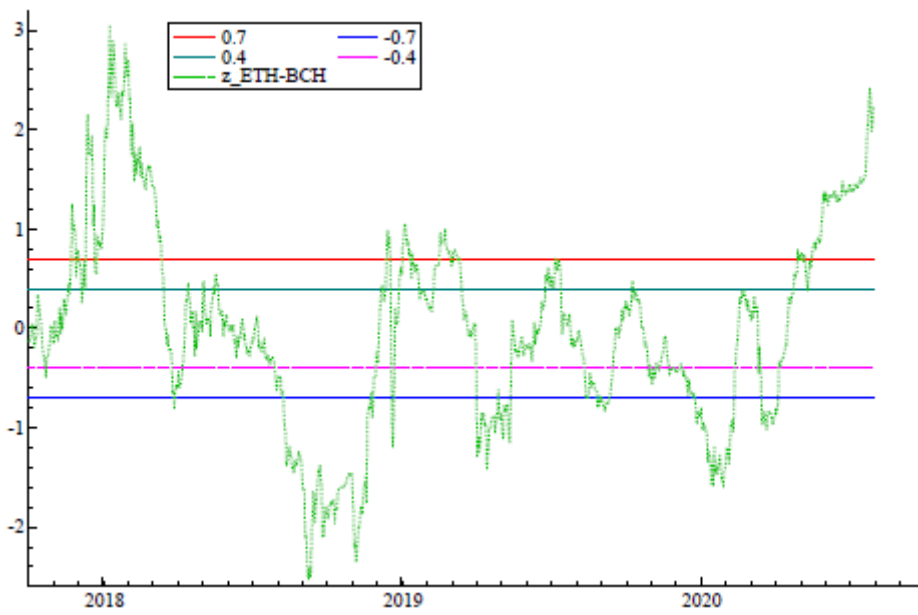


Figure 8.14 Spread(Standardized) ETH-BCH

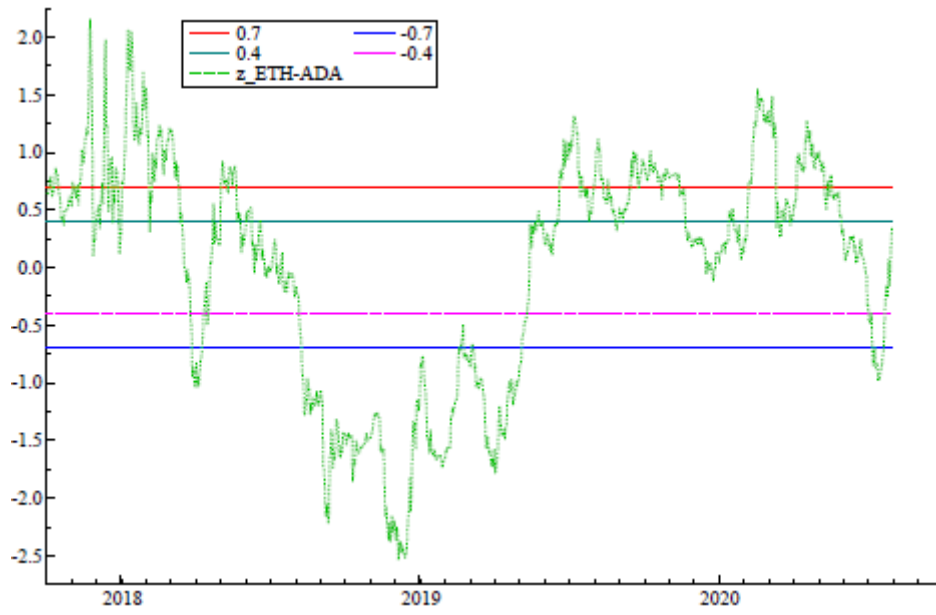


Figure 8.15 Spread(Standardized) ETH-ADA

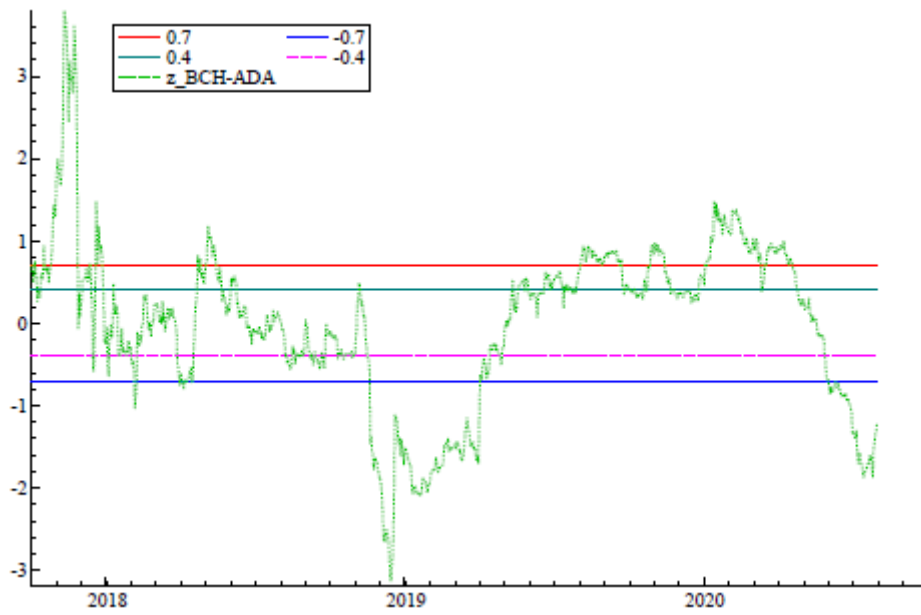


Figure 8.16 Spread(Standardized) BCH-ADA