

2026-02

þÿ ‘ ½ ¬ » Å Ã · œ µ Ä ± ² » · Ä Ì Ä · Ä ± Â ‘ ³ ¿ Á

þÿ š ± Á ± Ä Ì » ¹ ¿ Â , ‘ Ä Ì Ã Ä ¿ » ¿ Â

þÿ œ µ Ä ± Ä Ä Å Ç ¹ ± ° Ì Á Ì ³ Á ± ¼ ¼ ± Ã Ä · ½ ‘ ½ ¬ » Å Ã · ” µ ´ ¿ ¼ - ½ É ½ ° ± ¹ § Á · ¼ ± Ä ¿ ¿ ¹ ° ¿ ½ ¿
þÿ £ Ç ¿ » ® Ÿ ¹ ° ¿ ½ ¿ ¼ ¹ ° Î ½ • Ä ¹ Ã Ä · ¼ Î ½ ° ± ¹ ” ¹ ¿ ¯ ° · Ä · Â , ± ½ µ Ä ¹ Ã Ä ® ¼ ¹ ¿ • µ ¬ Ä ¿ » ¹ Â

<http://hdl.handle.net/11728/13378>

Downloaded from HEPHAESTUS Repository, Neapolis University institutional repository



Σχολή Οικονομικών, Διοίκησης και Πληροφορικής

Ανάλυση Μεταβλητότητας Αγορών Εμπορευμάτων

Απόστολος Καρατόλιος

Επιβλέπων: Αναπλ. Καθηγητής Ιωάννης Χατζηαντωνίου

Φεβρουάριος 2026

Σχολή Οικονομικών, Διοίκησης και Πληροφορικής

Ανάλυση Μεταβλητότητας Αγορών Εμπορευμάτων

Διπλωματική Εργασία η οποία υποβλήθηκε προς απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στην Ανάλυση Δεδομένων και Χρηματοοικονομική Τεχνολογία (MSc) στο Πανεπιστήμιο Νεάπολις Πάφος

Απόστολος Καρατόλιος

Εξεταστική Επιτροπή:

Πρώτος επιβλέπων Αναπλ. Καθηγητής Ιωάννης Χατζηαντωνίου

Μέλος Εξεταστικής Επιτροπής: Καθηγητής Χρήστος Φλώρος

Μέλος Εξεταστικής Επιτροπής: Επικ. Καθηγητής Δημήτριος Βορτελίνος

Φεβρουάριος 2026

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Απόστολος Καρατόλιος, 2026.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	8
Abstract	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	9
Εισαγωγή.....	11
1.1 Γενικό πλαίσιο και οικονομική σημασία των soft commodities	11
1.2 Μεταβλητότητα τιμών, χρηματιστικοποίηση και χρηματοοικονομική αβεβαιότητα	12
1.3 Αγορές ενέργειας και διασύνδεση με τα αγροτικά προϊόντα	14
1.4 Πανδημία COVID-19, γεωπολιτική αβεβαιότητα και πρόσφατες εξελίξεις	15
1.5 Σκοπός της μελέτης και συμβολή.....	16
1.6 Δομή της εργασίας.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	18
Θεωρητικό Πλαίσιο και Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας.....	18
2.1 Εισαγωγή και δομή του κεφαλαίου.....	18
2.2 Μεταβλητότητα τιμών στις αγορές αγροτικών εμπορευμάτων	19
2.3 Χρηματιστικοποίηση και χρηματοοικονομική αβεβαιότητα	20
2.4 Αγορές ενέργειας και αγροτικά προϊόντα	21
2.5 Μεταβλητότητα σε καφέ, κακάο και ζάχαρη.....	22
2.6 Σύνοψη βιβλιογραφίας και ερευνητικό κενό.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	26
Δεδομένα και Μεθοδολογία	26
3.1 Δεδομένα.....	26
3.2 Στασιμότητα Χρονοσειρών και Έλεγχοι Μονάδας Ρίζας	32
3.3 Μεθοδολογία	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	41
Εμπειρική Ανάλυση και Αποτελέσματα	41
4.1 Εισαγωγή.....	41
4.2 Περιγραφική Ανάλυση και Προκαταρκτικοί Έλεγχοι Ετεροσκεδαστικότητας τύπου ARCH	42
4.2.1 Εξίσωση μέσης τιμής (OLS).....	42
4.2.2 Έλεγχος ARCH LM (12 υστερήσεις)	43
4.3 Οπτική Ανάλυση Λογαριθμικών Αποδόσεων (Σχήμα 4.1)	43
4.3.1 Καφές (Coffee)	44
4.3.2 Κακάο (Cocoa).....	45

4.3.3 Ζάχαρη (Sugar).....	45
4.3.4 Συνολική αξιολόγηση	45
4.3.5 Κριτήρια ερμηνείας και στατιστικής σημαντικότητας των υποδειγμάτων	46
4.4 Εκτίμηση Υποδειγμάτων Υπό Συνθήκη Διακύμανσης για τον Καφέ (Coffee)	48
Σύγκριση και τελική επιλογή υποδείγματος	50
4.5 Εκτίμηση Υποδειγμάτων Υπό Συνθήκη Διακύμανσης για το Κακάο (Cocoa)	50
Τελική επιλογή υποδείγματος για το κακάο.....	52
4.6 Εκτίμηση Υποδειγμάτων Υπό Συνθήκη Διακύμανσης για τη Ζάχαρη (Sugar).....	54
Συμπέρασμα για τη ζάχαρη	56
4.7 Συγκριτική Ανάλυση Υποδειγμάτων Μεταβλητότητας: Coffee – Cocoa – Sugar	57
4.7.1 Επιλογή τελικού υποδείγματος.....	59
4.8 Οικονομική Συζήτηση Αποτελεσμάτων και Σύνδεση με τη Βιβλιογραφία	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	66
5.1 Σύνοψη της μελέτης και κύρια ευρήματα	66
5.2 Οικονομική ερμηνεία και συμβολή της μελέτης.....	66
5.3 Περιορισμοί και κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα	68
Βιβλιογραφία.....	70

Σελίδα Εγκυρότητας

Ονοματεπώνυμο Φοιτητή: Απόστολος Καρατόλιος

Τίτλος Διπλωματικής Εργασίας: Ανάλυση Μεταβλητότητας Αγορών Εμπορευμάτων.

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

Εξεταστική Επιτροπή:

Πρώτος επιβλέπων Αναπλ. Καθηγητής Ιωάννης Χατζηαντωνίου

Μέλος Εξεταστικής Επιτροπής: Καθηγητής Χρήστος Φλώρος

Μέλος Εξεταστικής Επιτροπής: Επικ. Καθηγητής Δημήτριος Βορτελίνος

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ

Ο Απόστολος Καρατόλιος, γνωρίζοντας τις συνέπειες της λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα εργασία με τίτλο «Ανάλυση Μεταβλητότητας Αγορών Εμπορευμάτων», αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και όλες οι πηγές που έχω χρησιμοποιήσει, έχουν δηλωθεί κατάλληλα στις βιβλιογραφικές παραπομπές και αναφορές. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο ή/και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή.

Ο Δηλών

Απόστολος Καρατόλιος

Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας δεν θα ήταν δυνατή χωρίς τη συμβολή και τη στήριξη ανθρώπων στους οποίους θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες.

Καταρχάς, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ι. Χατζηαντωνίου για την καθοδήγηση, τις εύστοχες παρατηρήσεις και τη συνεχή επιστημονική υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Η συμβολή του υπήρξε ιδιαίτερα σημαντική τόσο στη διαμόρφωση της μεθοδολογικής προσέγγισης όσο και στη βελτίωση της συνολικής ποιότητας της μελέτης.

Ευχαριστώ επίσης τους διδάσκοντες του προγράμματος σπουδών για τις γνώσεις και τα εφόδια που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, τα οποία αποτέλεσαν πολύτιμη βάση για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στη σύζυγό μου, Δανάη, για την υπομονή, την κατανόηση και τη συνεχή στήριξή της καθ' όλη τη διάρκεια της προσπάθειας, καθώς και στα παιδιά μου, Αλκιβιάδη και Ιάσωνα, που αποτέλεσαν πηγή δύναμης και έμπνευσης.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία εξετάζει τη δυναμική της υπό συνθήκη μεταβλητότητας στις αγορές τριών βασικών αγροτικών εμπορευμάτων (soft commodities), του καφέ, του κακάο και της ζάχαρης, κατά την περίοδο Φεβρουάριος 2016 – Οκτώβριος 2022. Η ανάλυση βασίζεται σε μηνιαία δεδομένα τιμών, τα οποία αντλήθηκαν από τη βάση δεδομένων FRED της Federal Reserve Bank of St. Louis και μετασχηματίστηκαν σε λογαριθμικές αποδόσεις, ώστε να είναι κατάλληλα για οικονομετρική ανάλυση μεταβλητότητας.

Η εμπειρική ανάλυση εστιάζει στη μοντελοποίηση της δυναμικής της μεταβλητότητας μέσω μονομεταβλητών υποδειγμάτων ARCH/GARCH και της ασύμμετρης προδιαγραφής EGARCH. Παράλληλα, εξετάζεται συμπληρωματικά η επίδραση εξωγενών χρηματοοικονομικών και ενεργειακών παραγόντων στη μεταβλητότητα μέσω υποδείγματος τύπου ARCH-X, με την εισαγωγή των αποδόσεων του δείκτη χρηματοοικονομικής αβεβαιότητας VIX και της τιμής του αργού πετρελαίου WTI στην εξίσωση διακύμανσης.

Στόχος της μελέτης είναι η διερεύνηση του κατά πόσο οι αποδόσεις των τριών προϊόντων εμφανίζουν δυναμική υπό συνθήκη μεταβλητότητα και φαινόμενα συσσωματωμένης μεταβλητότητας (volatility clustering), καθώς και η επιλογή του καταλληλότερου υποδείγματος για κάθε αγορά. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει ελέγχους ετεροσκεδαστικότητας τύπου ARCH-LM, εκτίμηση υποδειγμάτων ARCH(1), GARCH(1,1) και EGARCH(1,1), καθώς και συγκριτική αξιολόγηση με βάση τη στατιστική σημαντικότητα των παραμέτρων, τη θεωρητική αποδοχή των εκτιμήσεων και τα κριτήρια πληροφορίας Akaike (AIC) και Schwarz (BIC).

Τα εμπειρικά αποτελέσματα αναδεικνύουν σημαντική ετερογένεια μεταξύ των αγορών. Για το κακάο εντοπίζεται σαφής και στατιστικά σημαντική δυναμική τύπου ARCH, επιβεβαιώνοντας την ύπαρξη έντονου volatility clustering. Στον καφέ, τα συμμετρικά υποδείγματα οδηγούν σε εκτιμήσεις που παραβιάζουν θεωρητικούς περιορισμούς, καθιστώντας καταλληλότερη τη χρήση του EGARCH. Για τη ζάχαρη δεν εντοπίζεται στατιστικά σημαντική δυναμική μεταβλητότητας στη μηνιαία συχνότητα. Η εισαγωγή εξωγενών μεταβλητών δείχνει ότι η μεταβλητότητα επηρεάζεται κυρίως από ενδογενείς παράγοντες, ενώ η επίδραση της

χρηματοοικονομικής αβεβαιότητας και της αγοράς ενέργειας εμφανίζεται περιορισμένη στη μηνιαία συχνότητα. Συνολικά, τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι η δυναμική της μεταβλητότητας στα αγροτικά εμπορεύματα δεν είναι ομοιογενής, αλλά εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε αγοράς και τη συχνότητα των δεδομένων.

Abstract

This thesis investigates the dynamics of conditional volatility in the markets of three major agricultural commodities (soft commodities), namely coffee, cocoa, and sugar, over the period from February 2016 to October 2022. The analysis is based on monthly price data obtained from the FRED database of the Federal Reserve Bank of St. Louis and transformed into logarithmic returns to ensure econometric suitability for volatility modelling.

The empirical analysis focuses on modelling the endogenous dynamics of volatility using univariate ARCH/GARCH models and the asymmetric EGARCH specification. In addition, the potential influence of exogenous financial and energy-related factors on volatility is examined through an ARCH-X type specification, incorporating the returns of the VIX index and crude oil prices (WTI) into the variance equation.

The main objective of the study is to investigate whether the returns of the selected commodities exhibit conditional heteroskedasticity and volatility clustering, and to determine the most appropriate volatility specification for each market. The empirical methodology includes ARCH-LM tests, estimation of ARCH(1), GARCH(1,1) and EGARCH(1,1) models, and model comparison based on parameter significance, theoretical admissibility, and information criteria such as Akaike (AIC) and Schwarz (BIC). All estimations are conducted using the Gretl econometric software.

The empirical results reveal substantial heterogeneity across the three markets. Cocoa exhibits strong and statistically significant ARCH-type volatility dynamics,

confirming the presence of pronounced volatility clustering. For coffee, symmetric ARCH/GARCH models yield theoretically inconsistent estimates, making the EGARCH specification more appropriate. In contrast, no statistically significant volatility dynamics are detected for sugar at the monthly frequency. The inclusion of exogenous variables suggests that volatility is driven primarily by endogenous market dynamics, while the direct impact of financial uncertainty and oil price fluctuations appears limited at the monthly frequency.

Overall, the findings indicate that volatility dynamics in agricultural commodity markets are not homogeneous but depend on the structural characteristics of each market, the time period examined, and the data frequency.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1.1 Γενικό πλαίσιο και οικονομική σημασία των soft commodities

Τα αγροτικά εμπορεύματα (soft commodities), όπως ο καφές, το κακάο και η ζάχαρη, αποτελούν θεμελιώδεις συνιστώσες του παγκόσμιου οικονομικού συστήματος. Πρόκειται για προϊόντα καθημερινής κατανάλωσης, με έντονη εμπορική δραστηριότητα και ιδιαίτερη σημασία τόσο για τις ανεπτυγμένες οικονομίες (μέσω της κατανάλωσης και της μεταποίησης) όσο και—κυρίως—για αναπτυσσόμενες και αναδυόμενες χώρες, στις οποίες η πρωτογενής παραγωγή και οι εξαγωγές αυτών των προϊόντων συνδέονται άμεσα με την απασχόληση, το εισόδημα και τη δημοσιονομική σταθερότητα. Ειδικά σε χώρες της Λατινικής Αμερικής, της Αφρικής και της Νοτιοανατολικής Ασίας, ο καφές και το κακάο λειτουργούν ως βασικές εξαγωγικές κατηγορίες, επηρεάζοντας την εισροή συναλλάγματος και την ανθεκτικότητα του εξωτερικού ισοζυγίου σε περιόδους διεθνών διαταραχών.

Η οικονομική σημασία των soft commodities δεν περιορίζεται στη διεθνή εμπορική τους αξία. Οι μεταβολές στις τιμές τους επηρεάζουν ολόκληρες αλυσίδες αξίας: από τους παραγωγούς και τους συνεταιρισμούς έως τις μεταποιητικές βιομηχανίες και τους τελικούς καταναλωτές. Η αστάθεια των τιμών μπορεί να μεταφραστεί σε αβεβαιότητα εισοδήματος για τους παραγωγούς, σε δυσκολίες προγραμματισμού για τις επιχειρήσεις και σε πιέσεις κόστους για τα νοικοκυριά. Σε αυτό το πλαίσιο, η έννοια της μεταβλητότητας αποκτά ιδιαίτερο βάρος: δεν αποτελεί απλώς στατιστικό χαρακτηριστικό μιας χρονοσειράς, αλλά οικονομικό μέγεθος με συνέπειες σε επενδυτικές αποφάσεις, στρατηγικές αντιστάθμισης κινδύνου, τιμολόγηση παραγώγων και σχεδιασμό πολιτικής.

Οι αγορές καφέ, κακάο και ζάχαρης εμφανίζουν διαχρονικά έντονες διακυμάνσεις, οι οποίες συνδέονται με τη φύση της αγροτικής παραγωγής (εποχικότητα, εξάρτηση από καιρικές συνθήκες), τις συνθήκες αποθήκευσης και μεταφοράς, καθώς και με θεσμικές και γεωπολιτικές εξελίξεις. Ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως ξηρασίες ή πλημμύρες, μπορούν να περιορίσουν την προσφορά και να οδηγήσουν σε έντονες αυξήσεις τιμών. Παράλληλα, μεταβολές στην παγκόσμια

ζήτηση, εμπορικές πολιτικές, διακυμάνσεις συναλλαγματικών ισοτιμιών και αλλαγές στις προτιμήσεις κατανάλωσης επηρεάζουν τη διεθνή ζήτηση και τις ροές εμπορίου. Όταν τέτοιου είδους σοκ εμφανίζονται, συχνά δεν επηρεάζουν μόνο το επίπεδο των τιμών, αλλά και την ένταση και τη διάρκεια των διακυμάνσεων—δηλαδή τη μεταβλητότητα.

Η κατανόηση της δυναμικής της μεταβλητότητας των soft commodities είναι κρίσιμη για πολλούς λόγους. Πρώτον, επιτρέπει καλύτερη εκτίμηση κινδύνου και σχεδιασμό στρατηγικών αντιστάθμισης από επιχειρήσεις και επενδυτές. Δεύτερον, συμβάλλει στη διαμόρφωση πολιτικών που περιορίζουν τις επιπτώσεις από έντονες διακυμάνσεις τιμών, ιδιαίτερα σε ευάλωτες οικονομίες. Τρίτον, βελτιώνει τη μεθοδολογική κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι αγορές αυτές αντιδρούν σε εσωτερικές και εξωτερικές διαταραχές, ειδικά σε περιόδους κρίσεων. Για τους λόγους αυτούς, η ανάλυση της μεταβλητότητας απαιτεί κατάλληλα οικονομετρικά εργαλεία, ικανά να αποτυπώσουν την υπό συνθήκη διακύμανση και τη δυναμική της στον χρόνο.

1.2 Μεταβλητότητα τιμών, χρηματιστικοποίηση και χρηματοοικονομική αβεβαιότητα

Ένα από τα πιο σταθερά εμπειρικά ευρήματα στις χρηματοοικονομικές και εμπορευματικές χρονοσειρές είναι η ύπαρξη «συσσωματωμένης μεταβλητότητας» (volatility clustering): περίοδοι έντονης διακύμανσης τείνουν να ακολουθούνται από περιόδους επίσης υψηλής διακύμανσης, ενώ περίοδοι ηρεμίας τείνουν να διατηρούνται. Το χαρακτηριστικό αυτό συνδέεται με την ετεροσκεδαστικότητα και καθιστά ανεπαρκή τα απλά υποδείγματα με σταθερή διακύμανση. Για τον λόγο αυτό, η οικονομετρική βιβλιογραφία ανέπτυξε τα υποδείγματα ARCH και GARCH ως βασικά εργαλεία αποτύπωσης της δυναμικής της υπό συνθήκη διακύμανσης (Engle, 1982. Bollerslev, 1986). Μέσα από αυτά τα υποδείγματα είναι δυνατό να εξεταστεί πώς τα παρελθοντικά σοκ και η παρελθοντική διακύμανση επηρεάζουν τη σημερινή μεταβλητότητα.

Παράλληλα, τις τελευταίες δεκαετίες οι αγορές εμπορευμάτων—συμπεριλαμβανομένων των αγροτικών—έχουν υποστεί μια σημαντική δομική μεταβολή, η οποία στη βιβλιογραφία περιγράφεται ως «χρηματιστικοποίηση». Ο όρος

αναφέρεται στην αυξανόμενη συμμετοχή θεσμικών επενδυτών στις αγορές εμπορευμάτων μέσω παραγώγων και χρηματοοικονομικών προϊόντων, όπως συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης, δικαιώματα προαίρεσης και χρηματιστηριακά διαπραγματεύσιμα κεφάλαια (ETFs) (Gorton & Rouwenhorst, 2006. Tang & Xiong, 2012). Η εξέλιξη αυτή δεν σημαίνει ότι οι θεμελιώδεις παράγοντες προσφοράς και ζήτησης έπαψαν να είναι σημαντικοί· αντίθετα, σημαίνει ότι οι τιμές ενδέχεται να αντανakλούν πλέον και συμπεριφορικές/χαρτοφυλακιακές αποφάσεις επενδυτών, ιδίως σε περιόδους αυξημένης αβεβαιότητας.

Σε περιόδους χρηματοοικονομικών αναταράξεων, η διάθεση για ανάληψη κινδύνου μεταβάλλεται, η ρευστότητα επηρεάζεται και οι επενδυτές αναπροσαρμόζουν την έκθεσή τους σε διαφορετικές κατηγορίες περιουσιακών στοιχείων. Έτσι, ακόμη και αγορές με ισχυρούς θεμελιώδεις καθοριστικούς παράγοντες—όπως τα αγροτικά προϊόντα—ενδέχεται να παρουσιάσουν αυξημένη μεταβλητότητα λόγω ευρύτερων χρηματοοικονομικών εξελίξεων. Στο πλαίσιο αυτό, ο δείκτης VIX χρησιμοποιείται διεθνώς ως συνοπτικός δείκτης χρηματοοικονομικής αβεβαιότητας και προσδοκώμενης μεταβλητότητας στις αγορές μετοχών, λειτουργώντας συχνά ως «βαρόμετρο φόβου» και μεταβολής της διάθεσης για ανάληψη κινδύνου.

Στην παρούσα εργασία, οι δείκτες χρηματοοικονομικής αβεβαιότητας και ενέργειας δεν εξετάζονται μόνο σε περιγραφικό επίπεδο, αλλά ενσωματώνονται εμπειρικά στην ανάλυση μέσω υποδείγματος τύπου ARCH-X. Συγκεκριμένα, οι αποδόσεις του δείκτη VIX και του αργού πετρελαίου WTI εισάγονται στην εξίσωση διακύμανσης, ώστε να διερευνηθεί κατά πόσο το διεθνές χρηματοοικονομικό και ενεργειακό περιβάλλον επηρεάζει τη μεταβλητότητα των αγορών αγροτικών εμπορευμάτων. Με τον τρόπο αυτό, η εργασία συνδυάζει τη μοντελοποίηση της ενδογενούς δυναμικής μεταβλητότητας με την εξέταση πιθανών εξωγενών επιδράσεων.

1.3 Αγορές ενέργειας και διασύνδεση με τα αγροτικά προϊόντα

Ένας ακόμη σημαντικός άξονας που επηρεάζει τις αγορές soft commodities είναι η εξέλιξη των τιμών της ενέργειας. Η τιμή του αργού πετρελαίου επηρεάζει άμεσα το κόστος παραγωγής, μεταφοράς, αποθήκευσης και διανομής των αγροτικών προϊόντων, ενώ έμμεσα επηρεάζει και αποφάσεις που σχετίζονται με την παραγωγή (π.χ. χρήση λιπασμάτων, καύσιμα για μηχανήματα και μεταφορές). Οι αυξήσεις στο ενεργειακό κόστος μπορούν να συμπίεσουν τα περιθώρια παραγωγών και επιχειρήσεων, να μεταβάλουν τις τελικές τιμές και να εισάγουν πρόσθετη αβεβαιότητα στις αγορές.

Η περίπτωση της ζάχαρης είναι ιδιαίτερα χαρακτηριστική, διότι συνδέεται με την παραγωγή βιοαιθανόλης, ειδικά σε οικονομίες όπως η Βραζιλία, όπου η κατανομή του ζαχαροκάλαμου μεταξύ παραγωγής ζάχαρης και παραγωγής καυσίμου μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με τις σχετικές τιμές. Όταν οι τιμές της ενέργειας αυξάνονται, ενδέχεται να ενισχυθεί η κερδοφορία της παραγωγής βιοκαυσίμων, οδηγώντας σε ανακατανομή της πρώτης ύλης και περιορισμό της προσφοράς ζάχαρης για διατροφική χρήση, με συνέπεια αυξημένη πίεση στις τιμές και πιθανή ενίσχυση της μεταβλητότητας (Baffes & Dennis, 2015). Με αυτόν τον μηχανισμό, οι εξελίξεις στην αγορά πετρελαίου μπορούν να «περάσουν» στη ζάχαρη όχι μόνο μέσω κόστους, αλλά και μέσω διαρθρωτικών επιλογών παραγωγής.

Για τον καφέ και το κακάο, η σύνδεση με την ενέργεια είναι περισσότερο έμμεση αλλά όχι αμελητέα: μεταφορικά κόστη, κόστη επεξεργασίας και γενικότερη μακροοικονομική αβεβαιότητα που συνοδεύει έντονες διακυμάνσεις στην ενέργεια μπορούν να επηρεάσουν την εξέλιξη των τιμών. Ιδιαίτερα σε περιόδους όπου η ενέργεια λειτουργεί ως πηγή παγκόσμιων πληθωριστικών πιέσεων, η αγορά μπορεί να ενσωματώνει αυξημένη αβεβαιότητα, με επιπτώσεις και στις αγορές αγροτικών προϊόντων.

Στην παρούσα εργασία, η τιμή του αργού πετρελαίου WTI παρουσιάζεται ως βασικός δείκτης του ενεργειακού περιβάλλοντος που συνοδεύει τις εξελίξεις στις αγορές εμπορευμάτων. Όπως και με τον δείκτη VIX, εξετάζεται εμπειρικά και η επίδραση των αποδόσεων του WTI στην εξίσωση διακύμανσης ως εξωγενής

παράγοντας, με στόχο την κατανόηση της εσωτερικής δυναμικής της μεταβλητότητας των soft commodities στο εξεταζόμενο δείγμα.

1.4 Πανδημία COVID-19, γεωπολιτική αβεβαιότητα και πρόσφατες εξελίξεις

Η περίοδος μετά το 2016 χαρακτηρίστηκε από διαδοχικές διαταραχές στο διεθνές οικονομικό περιβάλλον, οι οποίες επηρέασαν τόσο τις αγορές εμπορευμάτων όσο και τις χρηματοοικονομικές αγορές. Ιδιαίτερα μετά το 2020, η πανδημία COVID-19 επέφερε σημαντικές αλλαγές στην παγκόσμια παραγωγή, στις εφοδιαστικές αλυσίδες, στο κόστος μεταφορών και στη συμπεριφορά των καταναλωτών. Περιοριστικά μέτρα, προβλήματα στη διεθνή διακίνηση εμπορευμάτων, αυξήσεις ναύλων και αβεβαιότητα για την εξέλιξη της παγκόσμιας ζήτησης δημιούργησαν ένα περιβάλλον στο οποίο οι τιμές πολλών προϊόντων παρουσίασαν απότομες διακυμάνσεις.

Κατά τη διάρκεια της πανδημίας, οι αγορές καφέ, κακάο και ζάχαρης επηρεάστηκαν τόσο από την πλευρά της προσφοράς όσο και από την πλευρά της ζήτησης. Διακοπές στην παραγωγή και στη μεταφορά, καθυστερήσεις σε λιμάνια και αυξήσεις στο κόστος logistics δημιούργησαν περιορισμούς προσφοράς. Ταυτόχρονα, η μεταβλητότητα στη ζήτηση—λόγω μεταβολών σε κατανάλωση εκτός σπιτιού, αβεβαιότητας εισοδήματος και αλλαγών στα πρότυπα κατανάλωσης—δημιούργησε ένα πρόσθετο κανάλι διακυμάνσεων.

Επιπλέον, κατά την περίοδο 2021–2022 καταγράφηκαν σημαντικές εντάσεις σε ενεργειακές και γεωπολιτικές εξελίξεις, με αποτέλεσμα να ενισχυθεί η αβεβαιότητα, να μεταβληθεί το κόστος παραγωγής και μεταφοράς και να αυξηθεί η ένταση των διακυμάνσεων σε πολλές αγορές. Το περιβάλλον αυτό καθιστά ιδιαίτερα επίκαιρη την εμπειρική διερεύνηση της μεταβλητότητας των soft commodities σε ένα δείγμα που περιλαμβάνει τόσο την πανδημία όσο και την περίοδο αυξημένων πιέσεων στις αγορές ενέργειας και εφοδιασμού.

1.5 Σκοπός της μελέτης και συμβολή

Με βάση τα παραπάνω, η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στη διερεύνηση της δυναμικής της μεταβλητότητας των αποδόσεων του καφέ, του κακάο και της ζάχαρης, αξιοποιώντας μονομεταβλητά υποδείγματα της οικογένειας ARCH και GARCH. Στόχος δεν είναι μόνο να περιγραφεί η ύπαρξη διακυμάνσεων, αλλά να εξεταστεί αν η μεταβλητότητα εμφανίζει δυναμική συμπεριφορά που μπορεί να αποτυπωθεί με οικονομετρικά υποδείγματα υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικότητας.

Η εμπειρική ανάλυση βασίζεται σε μηνιαία δεδομένα για την περίοδο Φεβρουάριος 2016 έως Οκτώβριος 2022 (2016:02–2022:10. Μετά τον μετασχηματισμό σε αποδόσεις, το δείγμα ξεκινά από 2016:03 ($T=80$)), τα οποία αντλήθηκαν από τη βάση δεδομένων FRED (Federal Reserve Economic Data) της Federal Reserve Bank of St. Louis. Οι τιμές των προϊόντων μετασχηματίστηκαν σε λογαριθμικές αποδόσεις, ώστε οι χρονοσειρές να είναι κατάλληλες για οικονομετρική ανάλυση μεταβλητότητας και να ικανοποιούνται οι συνήθεις προϋποθέσεις στασιμότητας που απαιτούνται για την εφαρμογή ARCH/GARCH.

Η οικονομετρική εκτίμηση πραγματοποιείται στο λογισμικό Gretl. Η μελέτη εστιάζει στην εκτίμηση και αξιολόγηση υποδειγμάτων ARCH(1) και GARCH(1,1) για κάθε προϊόν, με σκοπό τη διερεύνηση της ύπαρξης δυναμικής μεταβλητότητας και τη διαπίστωση κατά πόσο τα δεδομένα υποστηρίζουν τη χρήση τέτοιων υποδειγμάτων για τις επιμέρους αγορές soft commodities. Η καταλληλότητα των υποδειγμάτων αξιολογείται μέσω της λογαριθμικής πιθανοφάνειας και των κριτηρίων πληροφορίας Akaike (AIC) και Schwarz (BIC), καθώς και μέσω της επιτυχούς ή μη σύγκλισης των εκτιμήσεων—στοιχείο που αποτελεί σημαντική εμπειρική ένδειξη για τη φύση της μεταβλητότητας στις επιμέρους αγορές.

Επιπρόσθετα, η εργασία συμβάλλει στο να παρουσιαστεί με σαφή και αναπαραγώγιμο τρόπο η διαδικασία μετασχηματισμού δεδομένων από τη FRED, η προετοιμασία μηνιαίων χρονοσειρών αποδόσεων και η εφαρμογή υποδειγμάτων ARCH/GARCH σε αγορές soft commodities, σε μια περίοδο που περιλαμβάνει έντονες διεθνείς διαταραχές (πανδημία και ενεργειακές πιέσεις). Με τον τρόπο αυτό, η εργασία λειτουργεί τόσο ως εμπειρική μελέτη όσο και ως μεθοδολογικά συνεπής εφαρμογή οικονομετρικών εργαλείων μεταβλητότητας.

Σύνοψη ευρημάτων

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι μέσες μηνιαίες αποδόσεις των προϊόντων δεν είναι στατιστικά σημαντικές στο εξεταζόμενο δείγμα. Σε επίπεδο υπό συνθήκη μεταβλητότητας, η δυναμική τύπου ARCH είναι σαφώς ανιχνεύσιμη και αξιόπιστα εκτιμήσιμη στην αγορά του κακάο, όπου το υπόδειγμα ARCH(1) αποδίδει θετικές και στατιστικά σημαντικές παραμέτρους, επιβεβαιώνοντας την ύπαρξη έντονου volatility clustering.

Για τον καφέ, τα συμμετρικά υποδείγματα ARCH/GARCH οδηγούν σε εκτιμήσεις παραμέτρων που δεν ικανοποιούν τους θεωρητικούς περιορισμούς θετικότητας της διακύμανσης, με αποτέλεσμα να επιλέγεται ως καταλληλότερη προδιαγραφή το EGARCH(1,1) για λόγους ευελιξίας και σταθερότητας, χωρίς ωστόσο να τεκμηριώνεται στατιστικά σημαντική ασυμμετρία στη μηνιαία συχνότητα.

Αντίθετα, για τη ζάχαρη δεν εντοπίζεται στατιστικά σημαντική δυναμική τύπου ARCH και τα πιο σύνθετα υποδείγματα GARCH και EGARCH δεν παρέχουν αξιόπιστη προσαρμογή στη μηνιαία βάση, εύρημα που ερμηνεύεται ως ένδειξη ασθενούς ή μη δομημένης δυναμικής μεταβλητότητας στο συγκεκριμένο δείγμα.

Η εισαγωγή εξωγενών μεταβλητών στην εξίσωση διακύμανσης δείχνει ότι η μεταβλητότητα των αγορών επηρεάζεται κυρίως από την εσωτερική δυναμική τους, ενώ η επίδραση της διεθνούς χρηματοοικονομικής αβεβαιότητας και της αγοράς ενέργειας (VIX και WTI) εμφανίζεται περιορισμένη στη μηνιαία συχνότητα.

1.6 Δομή της εργασίας

Η εργασία οργανώνεται ως εξής. Στο Κεφάλαιο 1 παρουσιάζεται το γενικό πλαίσιο της έρευνας, η οικονομική σημασία των soft commodities, η έννοια της χρηματιστικοποίησης, ο ρόλος της χρηματοοικονομικής αβεβαιότητας και η διασύνδεση των αγορών ενέργειας με τα αγροτικά προϊόντα, καθώς και ο σκοπός και η συμβολή της μελέτης. Στο Κεφάλαιο 2 αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο και η σχετική βιβλιογραφία για τη μεταβλητότητα των αγορών εμπορευμάτων και τη σύνδεσή της με χρηματοοικονομικούς και ενεργειακούς παράγοντες. Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφονται τα δεδομένα (FRED) και η μεθοδολογία (Gretl),

συμπεριλαμβανομένης της εκτίμησης υποδειγμάτων ARCH(1), GARCH(1,1) και, όπου ενδείκνυται, EGARCH(1,1), καθώς και της αξιολόγησής τους με AIC/BIC και λογαριθμική πιθανοφάνεια. Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται και ερμηνεύονται τα εμπειρικά αποτελέσματα για κάθε προϊόν, συμπεριλαμβανομένων των περιπτώσεων αποτυχίας σύγκλισης και της οικονομικής τους σημασίας. Τέλος, στο Κεφάλαιο 5 συνοψίζονται τα κύρια ευρήματα, συζητούνται οι περιορισμοί της ανάλυσης και προτείνονται κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Θεωρητικό Πλαίσιο και Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

2.1 Εισαγωγή και δομή του κεφαλαίου

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει το θεωρητικό υπόβαθρο και την εμπειρική βιβλιογραφία σχετικά με τη μεταβλητότητα στις αγορές αγροτικών εμπορευμάτων και ειδικότερα στις αγορές των soft commodities. Στόχος είναι να αποτυπωθεί (α) γιατί η μεταβλητότητα αποτελεί κεντρικό χαρακτηριστικό αυτών των αγορών, (β) πώς η χρηματιστικοποίηση και η χρηματοοικονομική αβεβαιότητα συνδέονται θεωρητικά και εμπειρικά με τις διακυμάνσεις τιμών, και (γ) με ποιον τρόπο οι αγορές ενέργειας—ιδίως το πετρέλαιο—μπορούν να επηρεάσουν τα αγροτικά προϊόντα, με ιδιαίτερη έμφαση στη ζάχαρη.

Η ενότητα 2.2 αναλύει τα βασικά χαρακτηριστικά της μεταβλητότητας στις αγορές εμπορευμάτων και παρουσιάζει τον λόγο για τον οποίο υποδείγματα υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικότητας (ARCH/GARCH) χρησιμοποιούνται ευρέως στη σχετική βιβλιογραφία. Η ενότητα 2.3 εστιάζει στη χρηματιστικοποίηση, στο πώς αυτή ενδέχεται να ενισχύει τις διασυνδέσεις εμπορευμάτων και χρηματοοικονομικών αγορών, και στη σημασία της αβεβαιότητας όπως αποτυπώνεται από δείκτες όπως ο VIX. Η ενότητα 2.4 εξετάζει τους μηχανισμούς μέσω των οποίων η ενέργεια επηρεάζει τα αγροτικά προϊόντα (κόστος, βιοκαύσιμα, μακροοικονομικά κανάλια). Η ενότητα 2.5 συγκεντρώνει τη βιβλιογραφία που αφορά ειδικά τον καφέ, το κακάο και τη ζάχαρη και αναδεικνύει τις πηγές ετερογένειας μεταξύ των αγορών. Τέλος, στην 2.6 συνοψίζονται τα βασικά συμπεράσματα, εντοπίζονται τα ερευνητικά κενά και τοποθετείται η συμβολή της παρούσας μελέτης.

2.2 Μεταβλητότητα τιμών στις αγορές αγροτικών εμπορευμάτων

Η μεταβλητότητα των τιμών αποτελεί ένα από τα πλέον χαρακτηριστικά γνωρίσματα των αγορών εμπορευμάτων και ιδίως των αγροτικών προϊόντων. Σε αντίθεση με πολλές χρηματοοικονομικές αγορές, όπου η προσφορά μπορεί να προσαρμόζεται ταχύτερα, η προσφορά αγροτικών προϊόντων επηρεάζεται από βιολογικούς και κλιματικούς περιορισμούς, γεγονός που αυξάνει την πιθανότητα έντονων διακυμάνσεων όταν υπάρξουν διαταραχές. Καιρικές συνθήκες, ασθένειες καλλιεργειών, μεταβολές κόστους εισροών και ζητήματα εφοδιαστικής αλυσίδας δημιουργούν ένα πλαίσιο στο οποίο οι τιμές αντιδρούν συχνά απότομα. Από την πλευρά της ζήτησης, μεταβολές εισοδήματος, προτιμήσεων, αλλά και το ευρύτερο μακροοικονομικό περιβάλλον (πληθωρισμός, ισοτιμίες, επιτόκια) μπορούν να ενισχύσουν την αβεβαιότητα, επηρεάζοντας τόσο το επίπεδο όσο και τη διακύμανση των τιμών.

Η εμπειρική έρευνα έχει δείξει ότι η μεταβλητότητα στις αγορές εμπορευμάτων δεν είναι σταθερή στον χρόνο αλλά εμφανίζει «συσσωματωμένη μεταβλητότητα» (volatility clustering): περίοδοι έντονης μεταβλητότητας τείνουν να ακολουθούνται από περιόδους επίσης υψηλής μεταβλητότητας. Επιπλέον, συχνά παρατηρούνται ασυμμετρίες στην αντίδραση της μεταβλητότητας σε θετικά και αρνητικά σοκ. Σε πολλές αγορές, τα αρνητικά σοκ (π.χ. σοκ προσφοράς ή κρίσεις) οδηγούν σε δυσανάλογα μεγαλύτερη αύξηση της μεταβλητότητας σε σχέση με θετικά σοκ ίδιου μεγέθους. Παράλληλα, η εμπειρική ανίχνευση ασυμμετρίας εξαρτάται συχνά από τη συχνότητα των δεδομένων, το μέγεθος του δείγματος και την εξεταζόμενη περίοδο, με αποτέλεσμα σε μηνιαία δείγματα να μην τεκμηριώνεται πάντοτε στατιστικά σημαντική ασύμμετρη δομή, ακόμη κι αν υπάρχουν ενδείξεις μη γραμμικότητας. Τα χαρακτηριστικά αυτά υποδεικνύουν ότι τα κλασικά υποδείγματα με σταθερή διακύμανση δεν επαρκούν για την περιγραφή της συμπεριφοράς των αποδόσεων εμπορευμάτων.

Στο πλαίσιο αυτό, τα υποδείγματα ARCH και GARCH αποτέλεσαν κρίσιμη μεθοδολογική εξέλιξη, καθώς επιτρέπουν στη διακύμανση να μεταβάλλεται δυναμικά στον χρόνο και να εξαρτάται από παρελθοντικά σοκ και από παρελθοντικές τιμές της ίδιας της διακύμανσης (Engle, 1982. Bollerslev, 1986). Η χρήση τους στις αγορές αγροτικών προϊόντων επέτρεψε να μελετηθεί η «επιμονή» της μεταβλητότητας,

δηλαδή το κατά πόσο ένα σοκ στη διακύμανση έχει παροδική ή πιο μακρόχρονη επίδραση. Μελέτες υποστηρίζουν ότι η μεταβλητότητα πολλών εμπορευμάτων εμφανίζει υψηλή επιμονή, κάτι που υποδηλώνει ότι οι επιπτώσεις των σοκ μπορεί να διαρκούν για μεγάλο χρονικό διάστημα (Gilbert, 2010). Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η ένταση της επιμονής και η ίδια η στατιστική «ορατότητα» της δυναμικής μεταβλητότητας μπορεί να διαφέρει ανά προϊόν, χρονική περίοδο και συχνότητα δεδομένων.

2.3 Χρηματιστικοποίηση και χρηματοοικονομική αβεβαιότητα

Η χρηματιστικοποίηση των αγορών εμπορευμάτων αποτελεί ένα από τα πιο συζητημένα φαινόμενα στη σύγχρονη βιβλιογραφία. Ως έννοια περιγράφει την αυξανόμενη συμμετοχή χρηματοοικονομικών επενδυτών στις αγορές εμπορευμάτων μέσω παραγώγων προϊόντων και επενδυτικών οχημάτων, όπως δείκτες εμπορευμάτων και ETFs. Η εξέλιξη αυτή συνδέεται με την ευρύτερη τάση διαφοροποίησης χαρτοφυλακίων και αναζήτησης αντιστάθμισης πληθωριστικού κινδύνου ή κινδύνου αγοράς (Gorton & Rouwenhorst, 2006). Επιπλέον, έχει υποστηριχθεί ότι η αυξημένη δραστηριοποίηση «index investors» μπορεί να ενισχύσει τη συνδιακύμανση των τιμών εμπορευμάτων με ευρύτερους χρηματοοικονομικούς δείκτες, ιδίως σε περιόδους κρίσεων (Tang & Xiong, 2012).

Η βασική θεωρητική ιδέα πίσω από τη χρηματιστικοποίηση είναι ότι οι τιμές εμπορευμάτων ενδέχεται να επηρεάζονται όχι μόνο από θεμελιώδεις παράγοντες προσφοράς και ζήτησης, αλλά και από τη συμπεριφορά των επενδυτών, τη ρευστότητα, την απομόχλευση (deleveraging) και την αλλαγή στη διάθεση ανάληψης κινδύνου. Σε περιόδους υψηλής αβεβαιότητας, παρατηρείται συχνά αποχώρηση κεφαλαίων από πιο «ριψοκίνδυνες» αγορές ή αναδιάρθρωση χαρτοφυλακίων, κάτι που μπορεί να προκαλέσει αυξημένες διακυμάνσεις τιμών. Για τις αγορές αγροτικών εμπορευμάτων, αυτό σημαίνει ότι ο κίνδυνος μπορεί να μεταδίδεται μέσω χρηματοοικονομικών καναλιών, ακόμη κι αν οι φυσικές συνθήκες παραγωγής δεν έχουν μεταβληθεί αντίστοιχα.

Ένας δείκτης που χρησιμοποιείται ευρέως ως μέτρο χρηματοοικονομικής αβεβαιότητας είναι ο VIX. Ο VIX αποτυπώνει την προσδοκώμενη μεταβλητότητα της αγοράς μετοχών και έχει χρησιμοποιηθεί ως ένδειξη παγκόσμιας διάθεσης για

ανάληψη κινδύνου. Η βιβλιογραφία έχει δείξει ότι αυξήσεις στον VIX συνοδεύονται συχνά από αύξηση μεταβλητότητας σε διάφορες κατηγορίες περιουσιακών στοιχείων, συμπεριλαμβανομένων των εμπορευμάτων, ιδιαίτερα σε περιόδους κρίσεων ή έντονων χρηματοοικονομικών αναταράξεων. Ωστόσο, η ένταση αυτής της σχέσης δεν είναι απαραίτητα ίδια για όλα τα εμπορεύματα, καθώς ο βαθμός χρηματιστικοποίησης και η διάρθρωση της κάθε αγοράς διαφέρει.

Στην παρούσα εργασία, η χρηματιστικοποίηση και η χρηματοοικονομική αβεβαιότητα λειτουργούν ως θεωρητικό και εμπειρικό υπόβαθρο για την κατανόηση του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο εξελίσσονται οι τιμές των soft commodities. Πέραν της μοντελοποίησης της ενδογενούς δυναμικής της υπό συνθήκη διακύμανσης μέσω ARCH/GARCH, εξετάζεται συμπληρωματικά και η επίδραση της χρηματοοικονομικής αβεβαιότητας στη μεταβλητότητα μέσω υποδείγματος τύπου ARCH-X, όπου ο VIX εισάγεται στην εξίσωση διακύμανσης. Με τον τρόπο αυτό διερευνάται κατά πόσο οι μεταβολές στη διεθνή διάθεση ανάληψης κινδύνου συνδέονται άμεσα με τη μεταβλητότητα των αγροτικών εμπορευμάτων στο εξεταζόμενο δείγμα.

2.4 Αγορές ενέργειας και αγροτικά προϊόντα

Οι αγορές ενέργειας αποτελούν έναν ακόμη βασικό προσδιοριστικό παράγοντα των αγορών αγροτικών προϊόντων. Η τιμή του αργού πετρελαίου επηρεάζει άμεσα το κόστος παραγωγής (ενέργεια, καύσιμα, λιπάσματα), το κόστος μεταφοράς και το κόστος αποθήκευσης. Αυξήσεις στην ενέργεια μπορούν να μετακυλιστούν στις τελικές τιμές των αγροτικών προϊόντων, ενισχύοντας τόσο τις πιέσεις στο επίπεδο τιμών όσο και τη μεταβλητότητα.

Η σχέση είναι ιδιαίτερα έντονη στην περίπτωση της ζάχαρης, κυρίως λόγω του καναλιού των βιοκαυσίμων. Σε χώρες όπως η Βραζιλία, το ζαχαροκάλαμο μπορεί να κατευθυνθεί είτε στην παραγωγή ζάχαρης είτε στην παραγωγή αιθανόλης. Όταν οι τιμές του πετρελαίου αυξάνονται, η παραγωγή αιθανόλης καθίσταται σχετικά πιο ελκυστική, γεγονός που μπορεί να μειώσει την προσφορά ζάχαρης για διατροφική χρήση και να οδηγήσει σε έντονες αυξήσεις τιμών και μεταβλητότητας (Baffes & Dennis, 2015). Με αυτόν τον τρόπο, οι διακυμάνσεις στην ενέργεια μεταδίδονται στη ζάχαρη μέσω μιας διαρθρωτικής παραγωγικής επιλογής και όχι μόνο μέσω κόστους.

Για τον καφέ και το κακάο, η επίδραση της ενέργειας εκδηλώνεται κυρίως μέσω κόστους μεταφοράς και επεξεργασίας, αλλά και μέσω του μακροοικονομικού περιβάλλοντος που δημιουργούν οι μεγάλες διακυμάνσεις στο πετρέλαιο. Η ενέργεια μπορεί να επηρεάσει τις πληθωριστικές προσδοκίες, τη νομισματική πολιτική και τις συνθήκες χρηματοδότησης, δημιουργώντας έμμεσες επιδράσεις στη ζήτηση και στη δυναμική των τιμών των αγροτικών προϊόντων. Επομένως, η συνεκτίμηση του ενεργειακού περιβάλλοντος θεωρείται αναγκαία για την ερμηνεία των μεταβολών στις αγορές soft commodities, ιδιαίτερα σε περιόδους όπως η 2021–2022, όπου οι ενεργειακές πιέσεις ήταν ιδιαίτερα έντονες. Επιπλέον, στην εμπειρική ανάλυση εξετάζεται συμπληρωματικά η επίδραση των αποδόσεων του αργού πετρελαίου WTI στη δυναμική της μεταβλητότητας μέσω προδιαγραφής ARCH-X, ώστε να διερευνηθεί αν οι ενεργειακές διακυμάνσεις μεταδίδονται στη μεταβλητότητα των soft commodities στη μηνιαία συχνότητα.

2.5 Μεταβλητότητα σε καφέ, κακάο και ζάχαρη

Η βιβλιογραφία που εστιάζει στις αγορές καφέ, κακάο και ζάχαρης αναδεικνύει ότι οι αγορές soft commodities χαρακτηρίζονται από σημαντική μεταβλητότητα τιμών, αλλά και από έντονη ετερογένεια ως προς τις πηγές και την ένταση αυτής της μεταβλητότητας. Οι διακυμάνσεις τιμών επηρεάζονται από θεμελιώδεις παράγοντες προσφοράς και ζήτησης, από κλιματικές και παραγωγικές διαταραχές, από γεωπολιτικές εξελίξεις και από χρηματοοικονομικούς παράγοντες που σχετίζονται με τη χρηματιστικοποίηση των αγορών εμπορευμάτων (Gilbert, 2010; Tang & Xiong, 2012).

Ένα βασικό χαρακτηριστικό των αγορών καφέ και κακάο είναι η υψηλή γεωγραφική συγκέντρωση της παραγωγής. Η εξάρτηση από συγκεκριμένες χώρες παραγωγής καθιστά τις τιμές ιδιαίτερα ευαίσθητες σε καιρικά φαινόμενα, πολιτική αστάθεια και διαταραχές στις αλυσίδες εφοδιασμού. Σύμφωνα με την UNCTAD (2011), οι διακυμάνσεις στις σοδειές και οι κλιματικές μεταβολές μπορούν να οδηγήσουν σε έντονες διακυμάνσεις τιμών, δημιουργώντας περιβάλλον αυξημένης αβεβαιότητας για παραγωγούς και εμπορικές επιχειρήσεις. Η ίδια μελέτη επισημαίνει ότι σε αρκετές αγορές αγροτικών προϊόντων παρατηρείται επίμονη μεταβλητότητα, η οποία μπορεί να αποτυπωθεί με υποδείγματα τύπου ARCH/GARCH.

Για το κακάο ειδικότερα, εμπειρικές εφαρμογές υποδειγμάτων ARCH και GARCH έχουν καταγράψει ύπαρξη volatility clustering και στατιστικά σημαντικής υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικότητας στις αποδόσεις τιμών. Μελέτες σε αγορές κακάο δείχνουν ότι τα σοκ στις τιμές έχουν συχνά επίμονη επίδραση στη διακύμανση, υποστηρίζοντας τη χρήση δυναμικών υποδειγμάτων μεταβλητότητας (Aklimawati et al., 2015). Τα ευρήματα αυτά συνάδουν με γενικότερες αναλύσεις αγροτικών εμπορευμάτων, σύμφωνα με τις οποίες οι αγορές με συγκεντρωμένη παραγωγή εμφανίζουν αυξημένη επιμονή μεταβλητότητας (Gilbert, 2010).

Για τον καφέ, η βιβλιογραφία καταδεικνύει ότι η μεταβλητότητα μπορεί να επηρεάζεται έντονα από εξωγενή σοκ προσφοράς, μακροοικονομικές συνθήκες και μεταβολές στο διεθνές εμπόριο. Η UNCTAD (2011) υποστηρίζει ότι η μεταβλητότητα σε ορισμένα αγροτικά προϊόντα μπορεί να παρουσιάζει σύνθετη δυναμική και ότι η καταλληλότητα συγκεκριμένων υποδειγμάτων εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του δείγματος και τη συχνότητα των δεδομένων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η ύπαρξη ασύμμετρων επιδράσεων ή μη γραμμικοτήτων δεν τεκμηριώνεται πάντοτε στατιστικά, ιδιαίτερα σε μηνιαία δεδομένα.

Η ζάχαρη παρουσιάζει πρόσθετη ιδιαιτερότητα λόγω της σύνδεσής της με τις αγορές ενέργειας και ειδικά με την παραγωγή βιοαιθανόλης. Οι Baffes και Dennis (2015) υποστηρίζουν ότι οι διακυμάνσεις στις τιμές πετρελαίου μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τις τιμές και τη μεταβλητότητα της ζάχαρης, καθώς επηρεάζουν τη σχετική ελκυστικότητα παραγωγής αιθανόλης έναντι ζάχαρης. Παράλληλα, η αγορά ζάχαρης επηρεάζεται από πολιτικές εμπορίου, επιδοτήσεις και αποθέματα, γεγονός που μπορεί να εξομαλύνει τη μεταβλητότητα σε ορισμένες περιόδους. Ως αποτέλεσμα, η ένταση της δυναμικής μεταβλητότητας μπορεί να διαφέρει σημαντικά μεταξύ χρονικών περιόδων και δειγμάτων.

Συνολικά, η βιβλιογραφία καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η μεταβλητότητα στις αγορές soft commodities δεν είναι ομοιογενής και ότι η ύπαρξη και ένταση δυναμικής μεταβλητότητας αποτελεί εμπειρικό ζήτημα που πρέπει να εξετάζεται ξεχωριστά για κάθε αγορά και περίοδο (Gilbert, 2010; UNCTAD, 2011).

2.6 Σύνοψη βιβλιογραφίας και ερευνητικό κενό

Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας δείχνει ότι η μεταβλητότητα στις αγορές αγροτικών προϊόντων είναι πολυπαραγοντική και επηρεάζεται από θεμελιώδεις, χρηματοοικονομικούς και ενεργειακούς παράγοντες. Τα υποδείγματα ARCH και GARCH αποτελούν βασικά εργαλεία για τη μοντελοποίηση της μεταβλητότητας, καθώς επιτρέπουν τη δυναμική αποτύπωση της υπό συνθήκη διακύμανσης και του volatility clustering (Engle, 1982; Bollerslev, 1986). Πολλές εμπειρικές μελέτες έχουν δείξει ότι σε αρκετές αγορές εμπορευμάτων η μεταβλητότητα εμφανίζει σημαντική επιμονή (Gilbert, 2010).

Παράλληλα, η βιβλιογραφία αναδεικνύει τον ρόλο της χρηματοοικονομικής αβεβαιότητας και της χρηματιστικοποίησης των εμπορευμάτων. Ο δείκτης VIX χρησιμοποιείται συχνά ως δείκτης επενδυτικής αβεβαιότητας και έχει συνδεθεί εμπειρικά με μεταβολές στη μεταβλητότητα διαφόρων κατηγοριών περιουσιακών στοιχείων, συμπεριλαμβανομένων των εμπορευμάτων (Gorton & Rouwenhorst, 2006; Tang & Xiong, 2012). Επιπλέον, η σύνδεση μεταξύ αγορών ενέργειας και αγροτικών προϊόντων, ιδιαίτερα για τη ζάχαρη μέσω της βιοαιθανόλης, έχει τεκμηριωθεί εμπειρικά (Baffes & Dennis, 2015).

Ωστόσο, τα ευρήματα της βιβλιογραφίας δεν είναι πλήρως ομοιόμορφα. Η ένταση της μεταβλητότητας και η στατιστική ανίχνευσή της διαφοροποιούνται σημαντικά ανά προϊόν, χρονική περίοδο και συχνότητα δεδομένων. Ορισμένες μελέτες εντοπίζουν ισχυρή δυναμική μεταβλητότητας, ενώ άλλες βρίσκουν πιο περιορισμένη ή μη στατιστικά σημαντική δυναμική σε συγκεκριμένα δείγματα (UNCTAD, 2011). Η διαφοροποίηση αυτή υποδηλώνει ότι η ύπαρξη δυναμικής μεταβλητότητας αποτελεί εμπειρικό ζήτημα και όχι δεδομένο αποτέλεσμα.

Η παρούσα μελέτη επιχειρεί να συμβάλει στη βιβλιογραφία εξετάζοντας τη μεταβλητότητα των αποδόσεων καφέ, κακάο και ζάχαρης για την περίοδο Φεβρουάριος 2016 – Οκτώβριος 2022, η οποία περιλαμβάνει σημαντικά γεγονότα όπως η πανδημία COVID-19 και οι ενεργειακές πιέσεις της περιόδου 2021–2022. Με την εφαρμογή υποδειγμάτων ARCH(1), GARCH(1,1) και, όπου απαιτείται, EGARCH(1,1), η μελέτη αξιολογεί εμπειρικά την ύπαρξη και ένταση της δυναμικής μεταβλητότητας σε κάθε αγορά.

Με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία, οι αποδόσεις των εμπορευμάτων συχνά εμφανίζουν volatility clustering και υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικότητα, γεγονός που καθιστά τα υποδείγματα ARCH/GARCH κατάλληλα εργαλεία μοντελοποίησης (Engle, 1982; Bollerslev, 1986). Ωστόσο, η ένταση και η μορφή της μεταβλητότητας διαφέρουν σημαντικά ανά προϊόν και περίοδο (Gilbert, 2010).

Για το κακάο, αναμένεται ύπαρξη σαφούς δυναμικής υπό συνθήκη μεταβλητότητας, καθώς εμπειρικές εφαρμογές έχουν εντοπίσει σημαντικά ARCH/GARCH effects και επίμονη μεταβλητότητα στις τιμές (Aklmawati et al., 2015). Για τον καφέ, αναμένεται επίσης δυναμική μεταβλητότητας, αλλά η βιβλιογραφία υποδεικνύει ότι η μορφή της μπορεί να είναι πιο σύνθετη και να εξαρτάται από τη συχνότητα των δεδομένων και το δείγμα (UNCTAD, 2011). Για τη ζάχαρη, τα ευρήματα της βιβλιογραφίας είναι λιγότερο ομοιόμορφα: αν και έχουν εντοπιστεί διασυνδέσεις με την ενέργεια και το πετρέλαιο, η ένταση της δυναμικής μεταβλητότητας διαφοροποιείται σημαντικά μεταξύ περιόδων (Baffes & Dennis, 2015).

Συνεπώς, τα αναμενόμενα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δεν θεωρούνται δεδομένα, αλλά αποτελούν εμπειρικό ερώτημα. Στο Κεφάλαιο 4 θα εξεταστεί κατά πόσο τα αποτελέσματα της οικονομετρικής ανάλυσης επιβεβαιώνουν ή αποκλίνουν από τα ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας και από τα expected outcomes που διατυπώνονται στην παρούσα ενότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Δεδομένα και Μεθοδολογία

3.1 Δεδομένα

Η εμπειρική ανάλυση της παρούσας μελέτης βασίζεται σε μηνιαία δεδομένα που αντλήθηκαν από τη βάση FRED (Federal Reserve Economic Data) της Federal Reserve Bank of St. Louis. Η FRED αποτελεί μία από τις πλέον αξιόπιστες διεθνείς βάσεις μακροοικονομικών και χρηματοοικονομικών δεδομένων και χρησιμοποιείται εκτενώς στη διεθνή βιβλιογραφία.

Το δείγμα καλύπτει την περίοδο από τον Φεβρουάριο του 2016 έως τον Οκτώβριο του 2022 με διαθέσιμη παρατήρηση των χρονοσειρών που χρησιμοποιήθηκαν, εξασφαλίζοντας την κάλυψη σημαντικών περιόδων αυξημένης αστάθειας στις αγορές εμπορευμάτων, όπως η πανδημία COVID-19 και οι έντονες ενεργειακές πιέσεις της περιόδου 2021–2022. Οι μεταβλητές που περιλαμβάνονται στη μελέτη είναι οι εξής: η τιμή του καφέ (Coffee Price Index), η τιμή του κακάο (Cocoa Price Index), η τιμή της ζάχαρης (Sugar Price Index), ο δείκτης χρηματοοικονομικής αβεβαιότητας VIX και η τιμή του αργού πετρελαίου τύπου WTI. Οι τρεις πρώτες μεταβλητές αποτελούν τις υπό εξέταση αγορές soft commodities, ενώ ο VIX και το WTI περιλαμβάνονται ως μεταβλητές του διεθνούς περιβάλλοντος και χρησιμοποιούνται τόσο για την περιγραφή του διεθνούς περιβάλλοντος αβεβαιότητας και ενέργειας όσο και ως εξωγενείς μεταβλητές στην εξίσωση διακύμανσης στο πλαίσιο προδιαγραφής τύπου ARCH-X. Η οικονομετρική ανάλυση της μεταβλητότητας πραγματοποιείται μέσω υποδειγμάτων ARCH/GARCH στις αποδόσεις των προϊόντων. Οι τιμές των εμπορευμάτων εκφράζονται σε δολάρια ΗΠΑ και αντιπροσωπεύουν μέσες μηνιαίες τιμές. Ο δείκτης VIX αποτυπώνει το επίπεδο αβεβαιότητας στις χρηματοοικονομικές αγορές, ενώ η τιμή του WTI χρησιμοποιείται ως δείκτης της δυναμικής της ενεργειακής αγοράς, η οποία επηρεάζει έμμεσα το κόστος παραγωγής και μεταφοράς των αγροτικών προϊόντων.

Η χρήση των αποδόσεων του αργού πετρελαίου (WTI) επιλέγεται ως ένδειξη γενικότερης έντασης και διαταραχών στην αγορά ενέργειας, καθώς μεγάλες μεταβολές στις τιμές του πετρελαίου αντανakλούν συχνά αυξημένη αβεβαιότητα και

συνθήκες αγοράς που δύνανται να επηρεάσουν έμμεσα τη μεταβλητότητα των αγροτικών εμπορευμάτων. Παρότι δείκτες μεταβλητότητας της αγοράς πετρελαίου, όπως ο OVX, θα μπορούσαν εναλλακτικά να χρησιμοποιηθούν, οι αποδόσεις του WTI λειτουργούν εμπειρικά ως δείκτης πίεσης και αναταραχής στην ενεργειακή αγορά.

Για λόγους οικονομετρικής καταλληλότητας, όλες οι μεταβλητές μετασχηματίστηκαν σε λογαριθμικές αποδόσεις σύμφωνα με τον τύπο:

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

όπου r_t είναι η απόδοση στον χρόνο t και P_t είναι η τιμή της μεταβλητής στον χρόνο t . Ο μετασχηματισμός αυτός επιτρέπει τη σταθεροποίηση της διακύμανσης και τη διασφάλιση της στασιμότητας των χρονοσειρών, προϋπόθεση απαραίτητη για την εφαρμογή υποδειγμάτων ARCH και GARCH. Οι αποδόσεις εκφράζονται σε ποσοστιαίες μονάδες (%) ώστε οι συντελεστές να είναι πιο εύκολα ερμηνεύσιμοι. Για κάθε μεταβλητή δημιουργήθηκαν δύο χρονοσειρές: μία στο επίπεδο των τιμών και μία στις λογαριθμικές αποδόσεις. Τα επίπεδα χρησιμοποιούνται για τη γραφική απεικόνιση και τη γενική περιγραφική ανάλυση, ενώ οι αποδόσεις χρησιμοποιούνται στην οικονομετρική ανάλυση της μεταβλητότητας. Τα βασικά περιγραφικά στατιστικά των μεταβλητών παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1 για τα επίπεδα τιμών και στον Πίνακα 3.2 για τις λογαριθμικές αποδόσεις. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι αγορές καφέ, κακάο και ζάχαρης χαρακτηρίζονται από σημαντική μεταβλητότητα, με υψηλές διακυμάνσεις στις τιμές τους κατά περιόδους έντονης οικονομικής και γεωπολιτικής αβεβαιότητας. Η ανάλυση βασίζεται σε μηνιαία δεδομένα από τη βάση FRED για την περίοδο Φεβρ. 2016 – Οκτ. 2022.

Η επίδραση της αγοράς ενέργειας εξετάζεται μέσω των αποδόσεων της τιμής του αργού πετρελαίου WTI. Παρότι ο δείκτης μεταβλητότητας πετρελαίου OVX αποτελεί πιο άμεσο μέτρο της μεταβλητότητας της αγοράς ενέργειας, στην παρούσα ανάλυση χρησιμοποιούνται οι αποδόσεις του WTI, οι οποίες αποτυπώνουν τις διακυμάνσεις των τιμών και λειτουργούν ως ένδειξη έντασης και αβεβαιότητας στην αγορά ενέργειας. Μεγάλες μεταβολές στις αποδόσεις του πετρελαίου αντανακλούν περιόδους αυξημένου οικονομικού στρες και δύνανται να επηρεάσουν τη μεταβλητότητα των αγορών αγροτικών εμπορευμάτων. Η εισαγωγή των VIX και

WTI στην εξίσωση διακύμανσης εξετάζεται συμπληρωματικά μέσω ARCH-X (Κεφ. 4.8), ώστε να διερευνηθεί αν η μεταβλητότητα επηρεάζεται πέραν της ενδογενούς δυναμικής της.

Πίνακας 3.1: Περιγραφικά Στατιστικά (Επίπεδα)

Μεταβλητή	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
Coffee	81.0000	191.1880	60.0569	120.5491	144.8916	167.5413	227.5214	397.5886
Cocoa	81.0000	3186.8909	1850.9807	1917.7756	2262.9539	2435.2745	3041.2327	9865.2060
Sugar	81.0000	17.1523	4.1756	10.0519	13.2494	18.0596	19.7226	27.3095
VIX	81.0000	18.5435	7.5179	9.8900	13.4650	16.4100	21.8250	57.0600
WTI	81.0000	64.2821	19.5769	19.7200	50.1350	63.6700	76.9550	115.2600

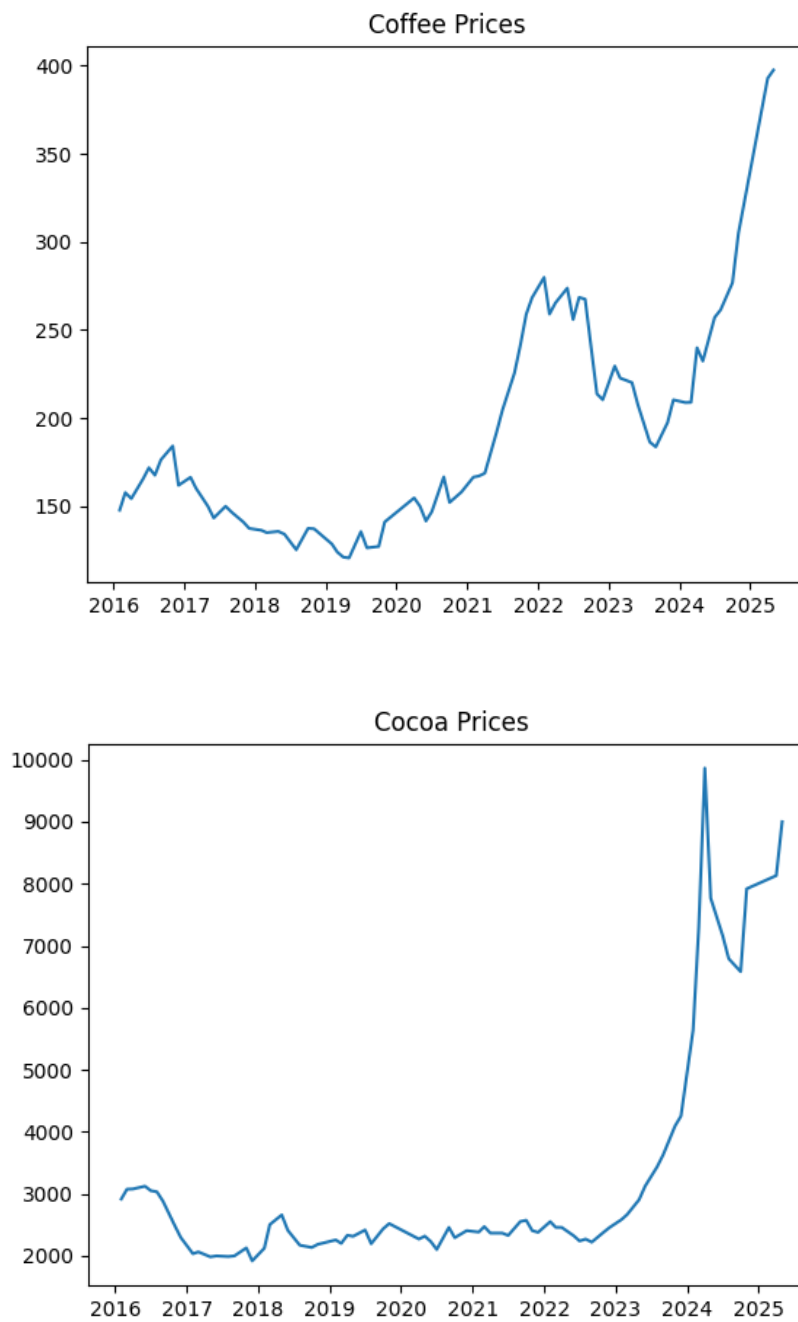
Πίνακας 3.2: Περιγραφικά Στατιστικά (Αποδόσεις)

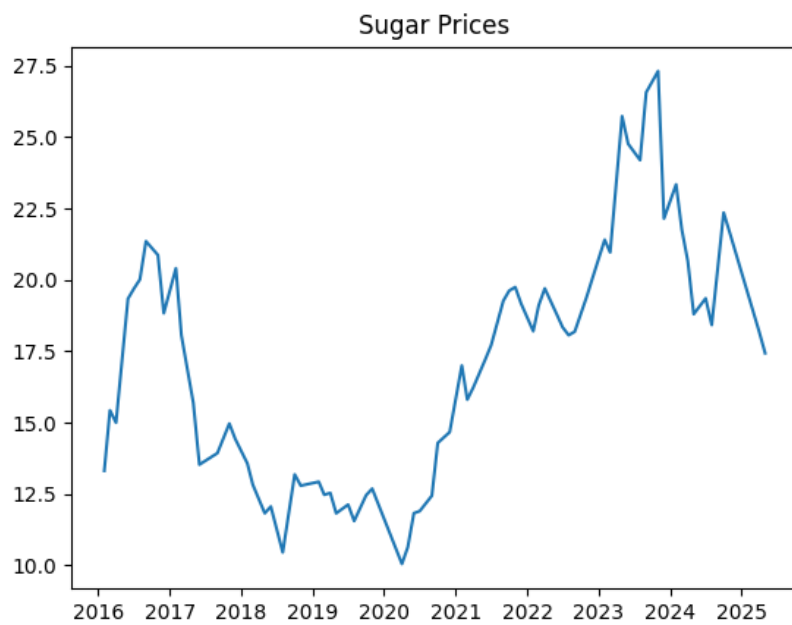
Μεταβλητή	Count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
r_Coffee	80.0000	1.3382	7.1549	-22.4432	-2.9166	0.5525	6.1310	25.3430
r_Cocoa	80.0000	1.5229	9.1783	-23.8989	-3.8491	0.7796	5.7047	30.1475
r_Sugar	80.0000	0.3641	9.1837	-23.2816	-4.8066	0.8267	5.1580	25.4111
r_VIX	80.0000	0.2811	29.3015	-52.9099	-17.4683	-0.0542	10.9230	153.4504
r_WTI	80.0000	0.878	17.365	-	-	1.523	9.1031	58.7618

	0	8	4	101.643 1	7.1860	1		
--	---	---	---	--------------	--------	---	--	--

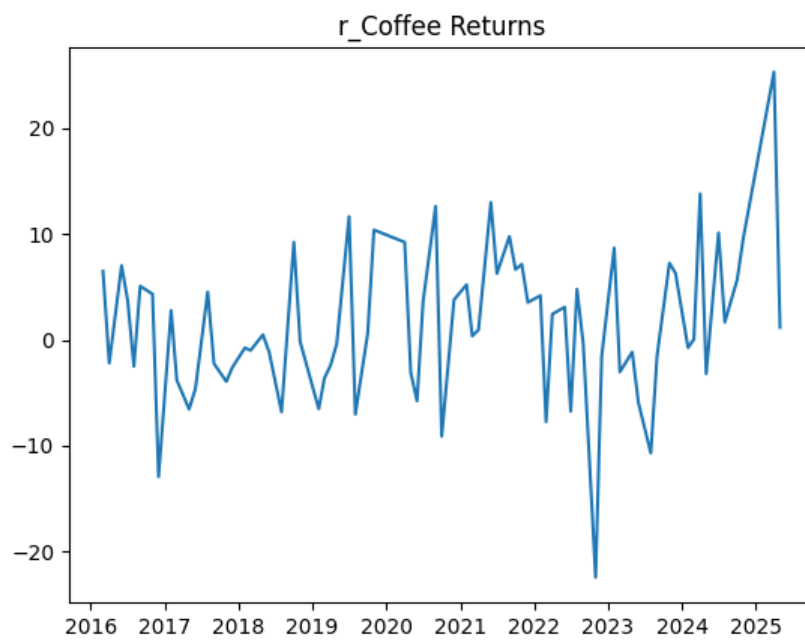
Η γραφική απεικόνιση των επιπέδων τιμών στο Διάγραμμα 3.1 δείχνει έντονες διακυμάνσεις και μακροχρόνιες τάσεις, ιδιαίτερα κατά την περίοδο της πανδημίας COVID-19, όπου παρατηρούνται απότομες μεταβολές στις τιμές όλων των προϊόντων. Στο Διάγραμμα 3.2, η οπτική εικόνα υποδηλώνει συστάδες μεταβλητότητας εντονότερα για το κακάο, ενώ για τον καφέ παρατηρούνται περίοδοι αυξημένης αστάθειας που δικαιολογούν τη διερεύνηση ευέλικτων προδιαγραφών υπό συνθήκη διακύμανσης. Αντίθετα, για τη ζάχαρη η μεταβλητότητα εμφανίζεται συγκριτικά πιο ήπια στη μηνιαία συχνότητα. Συνεπώς, η χρήση ARCH/GARCH-type υποδειγμάτων αντιμετωπίζεται ως εμπειρικό ερώτημα που αξιολογείται ανά προϊόν και όχι ως δεδομένη υπόθεση.

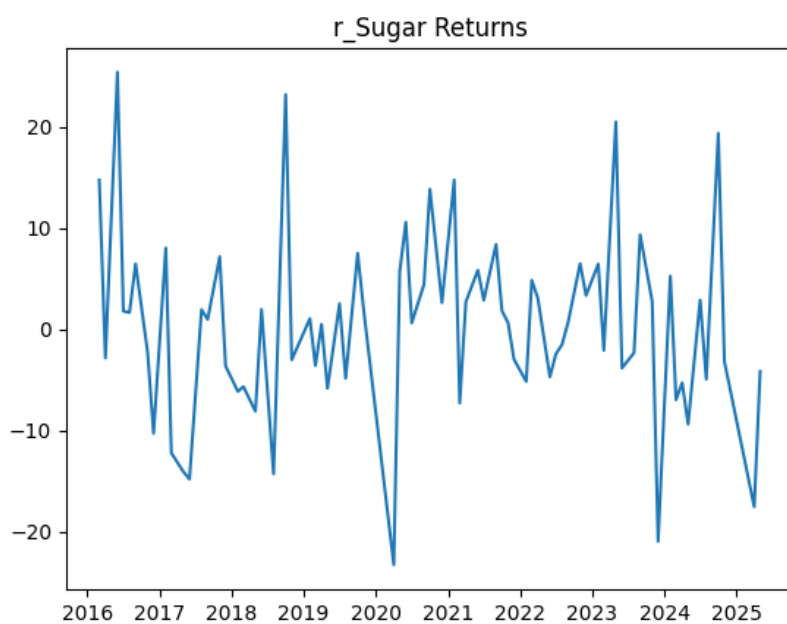
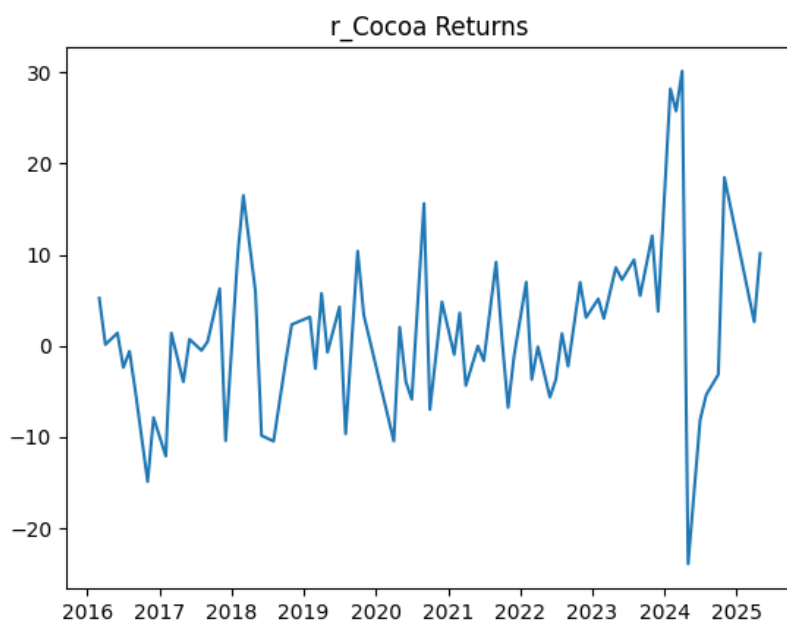
Διάγραμμα 3.1





Διάγραμμα 3.2





3.2 Στασιμότητα Χρονοσειρών και Έλεγχοι Μονάδας Ρίζας

Για τη διερεύνηση της στασιμότητας των χρονοσειρών εφαρμόστηκαν οι έλεγχοι Augmented Dickey–Fuller (ADF) και KPSS τόσο στα επίπεδα των μεταβλητών όσο και στις λογαριθμικές αποδόσεις τους. Οι έλεγχοι αυτοί χρησιμοποιούνται συμπληρωματικά, καθώς ο έλεγχος ADF έχει ως μηδενική

υπόθεση την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας, ενώ ο έλεγχος KPSS έχει ως μηδενική υπόθεση τη στασιμότητα. Τα αποτελέσματα των ελέγχων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3.

Πίνακας 3.3

Μεταβλητή	ADF στατιστικό	ADF p-value	KPSS στατιστικό	KPSS p-value
Coffee	0.6831	0.9895	0.9381	0.0100
Cocoa	1.4620	0.9974	0.6765	0.0157
Sugar	-1.7943	0.3833	0.6299	0.0199
VIX	-3.0157	0.0335	0.3272	0.1000
WTI	-2.2693	0.1821	0.7379	0.0101
r_Coffee	-1.5903	0.4885	0.3261	0.1000
r_Cocoa	-6.7002	0.0000	0.5169	0.0379
r_Sugar	-9.4191	0.0000	0.0988	0.1000
r_VIX	-13.3886	0.0000	0.0919	0.1000
r_WTI	-8.0707	0.0000	0.1344	0.1000

Τα επίπεδα τιμών του καφέ, του κακάο και της ζάχαρης, καθώς και η τιμή του αργού πετρελαίου WTI, δεν εμφανίζονται στάσιμα ως χρονοσειρές, γεγονός που επιβεβαιώνεται τόσο από τον έλεγχο ADF όσο και από τον έλεγχο KPSS. Αντίθετα, οι λογαριθμικές αποδόσεις εμφανίζονται, σε γενικές γραμμές, στάσιμες, στοιχείο που καθιστά κατάλληλη τη χρήση τους στην οικονομετρική ανάλυση μεταβλητότητας. Ειδικά για την απόδοση του καφέ (r_Coffee), ο έλεγχος ADF δεν απορρίπτει τη μηδενική υπόθεση ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας, ωστόσο ο έλεγχος KPSS (με μηδενική υπόθεση τη στασιμότητα) και η γραφική απεικόνιση της σειράς παρέχουν ενδείξεις συμβατές με στάσιμη συμπεριφορά. Επιπλέον, στα υποδείγματα μεταβλητότητας ενδιαφέρει πρωτίστως η συμπεριφορά της υπό συνθήκη διακύμανσης των αποδόσεων, ενώ η χρήση αποδόσεων αποτελεί τη συνήθη πρακτική στη βιβλιογραφία

ακόμη και όταν οι έλεγχοι μοναδιαίας ρίζας έχουν περιορισμένη ισχύ σε μικρά δείγματα. Η διαφοροποίηση μεταξύ των δύο ελέγχων μπορεί να συνδέεται με τις διαφορετικές μηδενικές υποθέσεις (ADF: μοναδιαία ρίζα, KPSS: στασιμότητα) και με τη μειωμένη ισχύ των ελέγχων μοναδιαίας ρίζας σε σχετικά μικρά δείγματα ή/και σε σειρές με ήπια εμμένουσα δυναμική. Συνεπώς, και με δεδομένη τη συνήθη πρακτική στη μοντελοποίηση μεταβλητότητας, η χρήση των λογαριθμικών αποδόσεων κρίνεται κατάλληλη για την εκτίμηση υποδειγμάτων ARCH/GARCH. Για την απόδοση του κακάο (r_{Cocoa}), ο ADF υποστηρίζει στασιμότητα, ενώ ο KPSS απορρίπτει οριακά τη στασιμότητα στο 5%. Η απόκλιση μπορεί να συνδέεται με τη διαφορετική δομή των ελέγχων και με την παρουσία έντονης μεταβλητότητας/επεισοδίων στο δείγμα. Στο πλαίσιο της βιβλιογραφίας ARCH/GARCH και δεδομένης της ισχυρής ένδειξης ARCH effects στη συνέχεια, η σειρά αποδόσεων κρίνεται κατάλληλη για μοντελοποίηση υπό συνθήκη διακύμανσης.

3.3 Μεθοδολογία

Η παρούσα μελέτη χρησιμοποιεί μονομεταβλητά υποδείγματα της οικογένειας ARCH και GARCH για τη μοντελοποίηση της υπό συνθήκη μεταβλητότητας των αποδόσεων του καφέ, του κακάο και της ζάχαρης. Τα υποδείγματα αυτά αποτελούν βασικά εργαλεία στη σύγχρονη οικονομετρική ανάλυση χρηματοοικονομικών και εμπορευματικών χρονοσειρών, καθώς επιτρέπουν την αποτύπωση της δυναμικής ετεροσκεδαστικότητας και του φαινομένου της συσσωματωμένης μεταβλητότητας (volatility clustering) (Engle, 1982· Bollerslev, 1986).

Η μεταβλητότητα των αποδόσεων των εμπορευμάτων αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό των χρηματοοικονομικών χρονοσειρών και παρουσιάζει έντονη χρονική εξάρτηση. Μεγάλες μεταβολές στις τιμές τείνουν να ακολουθούνται από μεγάλες μεταβολές και μικρές από μικρές, γεγονός που οδηγεί στη συσσώρευση μεταβλητότητας (volatility clustering). Τα υποδείγματα ARCH/GARCH επιτρέπουν τη μοντελοποίηση αυτής της συμπεριφοράς και την αποτύπωση της δυναμικής της υπό συνθήκη διακύμανσης.

Σκοπός της οικονομετρικής ανάλυσης είναι η διερεύνηση της δυναμικής της μεταβλητότητας των αγορών καφέ, κακάο και ζάχαρης, καθώς και η εξέταση της

επιμονής των διακυμάνσεων στον χρόνο. Για κάθε προϊόν εκτιμώνται συμμετρικά υποδείγματα ARCH(1) και GARCH(1,1), ενώ εξετάζεται και η ασύμμετρη προδιαγραφή EGARCH(1,1), προκειμένου να ελεγχθεί η πιθανή ύπαρξη ασυμμετρίας στη μεταβλητότητα (Nelson, 1991).

Η επιλογή του υποδείγματος GARCH(1,1) βασίζεται στη διεθνή βιβλιογραφία, σύμφωνα με την οποία το συγκεκριμένο υπόδειγμα παρέχει αξιόπιστες εκτιμήσεις της μεταβλητότητας χωρίς να απαιτείται πιο σύνθετη προδιαγραφή. Επιπλέον, η χρήση του επιτρέπει τη σύγκριση με εναλλακτικά υποδείγματα, όπως το EGARCH, για τον έλεγχο πιθανών ασύμμετρων επιδράσεων στη μεταβλητότητα και την αξιολόγηση της καταλληλότερης προδιαγραφής.

Σημειώνεται ότι στα υποδείγματα που περιλαμβάνουν εξωγενείς μεταβλητές στην εξίσωση διακύμανσης (ARCH-X), οι συντελεστές των εξωγενών μεταβλητών μπορούν να λάβουν και αρνητικές τιμές χωρίς να παραβιάζονται οι θεωρητικοί περιορισμοί του υποδείγματος. Οι περιορισμοί μη αρνητικότητας αφορούν αποκλειστικά τους όρους ARCH και GARCH της εξίσωσης διακύμανσης στα συμμετρικά υποδείγματα. Αντίστοιχα, στο υπόδειγμα EGARCH οι παράμετροι μπορούν να λάβουν τόσο θετικές όσο και αρνητικές τιμές, ενώ ο συντελεστής ασυμμετρίας γ αποτυπώνει τη διαφοροποιημένη επίδραση θετικών και αρνητικών διαταραχών στη μεταβλητότητα. Όταν ο συντελεστής γ είναι στατιστικά σημαντικός, υποδηλώνει την ύπαρξη ασυμμετρίας στη δυναμική της μεταβλητότητας, δηλαδή ότι το πρόσημο των διαταραχών επηρεάζει διαφορετικά την ένταση των διακυμάνσεων.

Δομή υποδειγμάτων

Κάθε υπόδειγμα ARCH/GARCH αποτελείται από δύο βασικές εξισώσεις:

- α) εξίσωση υπό συνθήκη μέσου όρου (conditional mean equation)
- β) εξίσωση υπό συνθήκη διακύμανσης (conditional variance equation)

Η εξίσωση μέσου δίνεται από:

$$r_t = \mu + \varepsilon_t$$

όπου r_t είναι η λογαριθμική απόδοση της μεταβλητής στον χρόνο t , μ ο μέσος όρος των αποδόσεων και ε_t το στοχαστικό σφάλμα.

Το σφάλμα γράφεται ως:

$$\varepsilon_t = z_t * \sqrt{h_t}$$

όπου h_t είναι η υπό συνθήκη διακύμανση και z_t ένας τυποποιημένος στοχαστικός όρος.

Το σφάλμα ε_t ερμηνεύεται ως idiosyncratic shock της αγοράς, δηλαδή απρόβλεπτη μεταβολή που δεν εξηγείται από το υπόδειγμα μέσου και επηρεάζει τη μεταβλητότητα (Tsay, 2010).

Στην παρούσα εργασία η εξίσωση μέσου περιλαμβάνει μόνο σταθερό όρο, καθώς το βασικό ερευνητικό ενδιαφέρον εστιάζεται στη μοντελοποίηση της μεταβλητότητας.

Υπόδειγμα ARCH(1)

Στο υπόδειγμα ARCH(1) η υπό συνθήκη διακύμανση εξαρτάται από τα τετραγωνικά σφάλματα της προηγούμενης περιόδου:

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

όπου ω είναι ο σταθερός όρος της διακύμανσης και α ο συντελεστής ARCH.

Ο συντελεστής α αποτυπώνει την άμεση επίδραση των πρόσφατων σοκ στη μεταβλητότητα. Όταν είναι στατιστικά σημαντικός, μεγάλες μεταβολές στις αποδόσεις τείνουν να ακολουθούνται από αυξημένη μεταβλητότητα στις επόμενες περιόδους. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως volatility clustering (Brooks, 2019).

Υπόδειγμα GARCH(1,1)

Το υπόδειγμα GARCH(1,1) επεκτείνει το ARCH επιτρέποντας στη μεταβλητότητα να εξαρτάται όχι μόνο από παρελθοντικά σοκ αλλά και από τη δική της παρελθοντική τιμή:

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

όπου β είναι ο συντελεστής GARCH.

Ο συντελεστής β αποτυπώνει την επιμονή της μεταβλητότητας στον χρόνο (volatility persistence), δηλαδή τον βαθμό στον οποίο η προηγούμενη μεταβλητότητα επηρεάζει τη σημερινή. Το άθροισμα $\alpha + \beta$ χρησιμοποιείται ως δείκτης επιμονής: τιμές κοντά στη μονάδα υποδηλώνουν ότι η μεταβλητότητα αποκλιμακώνεται αργά μετά από ένα σοκ (Enders, 2015).

Για να είναι τα υποδείγματα θεωρητικά αποδεκτά, απαιτείται:

- ο σταθερός όρος ω να είναι θετικός
- οι συντελεστές α και β να είναι μη αρνητικοί
- το άθροισμα $\alpha + \beta$ να είναι μικρότερο της μονάδας, ώστε η μεταβλητότητα να είναι στάσιμη και να μην αυξάνεται απεριόριστα

Υπόδειγμα EGARCH(1,1)

Το ασύμμετρο υπόδειγμα EGARCH(1,1) γράφεται ως εξής:

$$\ln(h_t) = \omega + \beta \ln(h_{t-1}) + \alpha (|\varepsilon_{t-1}| / \sqrt{h_{t-1}}) + \gamma (\varepsilon_{t-1} / \sqrt{h_{t-1}})$$

όπου:

- h_t είναι η υπό συνθήκη διακύμανση στον χρόνο t ,
- ω είναι ο σταθερός όρος,
- α αποτυπώνει την επίδραση του μεγέθους της διαταραχής στη μεταβλητότητα,
- β εκφράζει την επιμονή της μεταβλητότητας,
- γ είναι ο συντελεστής ασυμμετρίας.

Στο υπόδειγμα EGARCH η διακύμανση εκφράζεται σε λογαριθμική μορφή, γεγονός που εξασφαλίζει ότι η υπό συνθήκη διακύμανση παραμένει θετική χωρίς να απαιτούνται περιορισμοί θετικότητας στους συντελεστές. Ο συντελεστής γ δείχνει εάν θετικά και αρνητικά shocks επηρεάζουν διαφορετικά τη μεταβλητότητα, δηλαδή αν υπάρχει ασυμμετρία (sign ή leverage effect). Όταν ο συντελεστής γ είναι στατιστικά σημαντικός, το πρόσημό του υποδεικνύει την κατεύθυνση της ασυμμετρίας, δηλαδή ποιος τύπος διαταραχής συνδέεται με ισχυρότερη μεταβολή της

μεταβλητότητας, σύμφωνα με τη συγκεκριμένη παραμετροποίηση του υποδείγματος EGARCH που χρησιμοποιείται.

Έλεγχος ύπαρξης ARCH effects

Πριν από την εκτίμηση των υποδειγμάτων εφαρμόζεται έλεγχος ARCH LM στις καταλοίπους της εξίσωσης μέσου. Η μηδενική υπόθεση του ελέγχου είναι ότι δεν υπάρχουν ARCH effects, δηλαδή ότι η διακύμανση είναι σταθερή στον χρόνο. Αν η μηδενική υπόθεση απορριφθεί, τότε η μεταβλητότητα εξαρτάται από το παρελθόν και δικαιολογείται η χρήση υποδειγμάτων ARCH/GARCH.

Ασύμμετρα υποδείγματα EGARCH

Σε περιπτώσεις όπου τα συμμετρικά υποδείγματα ARCH και GARCH δεν παρέχουν θεωρητικά αποδεκτές εκτιμήσεις ή όταν υπάρχει ένδειξη ότι η μεταβλητότητα αντιδρά διαφορετικά σε θετικά και αρνητικά σοκ, χρησιμοποιείται η ασύμμετρη προδιαγραφή EGARCH(1,1) (Nelson, 1991).

Το υπόδειγμα EGARCH επιτρέπει διαφορετική επίδραση θετικών και αρνητικών σοκ στη μεταβλητότητα και δεν απαιτεί θετικούς συντελεστές. Ο συντελεστής gamma ελέγχει την ασυμμετρία (leverage effect). Όταν είναι στατιστικά σημαντικός, η μεταβλητότητα αντιδρά διαφορετικά σε θετικά και αρνητικά σοκ. Στο EGARCH οι παράμετροι μπορούν να λάβουν και αρνητικές τιμές. Ο συντελεστής γ αποτυπώνει την ασυμμετρία: $\gamma < 0$ υποδηλώνει ισχυρότερη επίδραση αρνητικών shocks στη μεταβλητότητα (leverage effect), ενώ $\gamma > 0$ υποδηλώνει ισχυρότερη επίδραση θετικών shocks, σύμφωνα με τη συγκεκριμένη παραμετροποίηση. (Nelson, 1991).

Ρόλος εξωγενών παραγόντων

Υπόδειγμα ARCH-X (εξωγενείς μεταβλητές στη διακύμανση)

Στην παρούσα εργασία, η επίδραση εξωγενών παραγόντων στη μεταβλητότητα εξετάζεται μέσω προδιαγραφής τύπου ARCH-X, όπου η υπό συνθήκη διακύμανση εξαρτάται όχι μόνο από παρελθοντικές διαταραχές αλλά και από εξωγενείς μεταβλητές. Ενδεικτικά, μια απλή προδιαγραφή μπορεί να γραφεί ως:

$$h_t = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \delta_1 x_{1,t-1} + \delta_2 x_{2,t-1}$$

όπου $x_{1,t-1} = r_VIX_{t-1}$ και $x_{2,t-1} = r_WTI_{t-1}$. Οι συντελεστές δ_1 και δ_2 αποτυπώνουν την κατεύθυνση και την ένταση με την οποία η χρηματοοικονομική αβεβαιότητα και οι διακυμάνσεις στην αγορά ενέργειας σχετίζονται με τη μεταβλητότητα των αγροτικών εμπορευμάτων. Σημειώνεται ότι, σε αντίθεση με τους όρους ARCH και GARCH που απαιτούν μη αρνητικές τιμές για θεωρητική αποδοχή στα συμμετρικά υποδείγματα, οι συντελεστές των εξωγενών μεταβλητών (δ) μπορούν να λάβουν και αρνητικές τιμές χωρίς να συνεπάγεται θεωρητική ασυνέπεια.

Η μεταβλητότητα των αγορών εμπορευμάτων επηρεάζεται συχνά από εξωγενείς παράγοντες, όπως η διεθνής χρηματοοικονομική αβεβαιότητα και οι διακυμάνσεις στις τιμές ενέργειας. Δείκτες όπως ο VIX χρησιμοποιούνται ευρέως ως δείκτες χρηματοοικονομικού κινδύνου και επενδυτικής αβεβαιότητας, ενώ οι μεταβολές στην τιμή του αργού πετρελαίου WTI αντανakλούν τη δυναμική της ενεργειακής αγοράς και το κόστος παραγωγής σε παγκόσμιο επίπεδο (Brooks, 2019).

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται εμπειρικά και η επίδραση εξωγενών μεταβλητών στη δυναμική της υπό συνθήκη διακύμανσης μέσω υποδείγματος τύπου ARCH-X. Συγκεκριμένα, οι αποδόσεις του δείκτη χρηματοοικονομικής αβεβαιότητας VIX και του αργού πετρελαίου WTI εισάγονται στην εξίσωση διακύμανσης, προκειμένου να διερευνηθεί κατά πόσο εξωτερικοί χρηματοοικονομικοί και ενεργειακοί παράγοντες επηρεάζουν τη μεταβλητότητα των αγορών αγροτικών εμπορευμάτων. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει τον διαχωρισμό της ενδογενούς δυναμικής της μεταβλητότητας από την πιθανή επίδραση εξωτερικών σοκ, συμβάλλοντας σε μια πιο ολοκληρωμένη κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν τις διακυμάνσεις των τιμών.

Εκτίμηση υποδειγμάτων και επιλογή μοντέλου

Η εκτίμηση των υποδειγμάτων πραγματοποιείται με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας στο λογισμικό Gretl. Η επιλογή του καταλληλότερου υποδείγματος βασίζεται:

- στη στατιστική σημαντικότητα των παραμέτρων

- στη θεωρητική αποδοχή των εκτιμήσεων
- στα κριτήρια πληροφορίας Akaike (AIC) και Schwarz (BIC)
- στην οικονομική ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Η τελική επιλογή υποδείγματος για κάθε προϊόν πραγματοποιείται συγκριτικά, με στόχο την αξιόπιστη αποτύπωση της δυναμικής μεταβλητότητας στο εξεταζόμενο δείγμα. Στη συγκριτική αξιολόγηση χρησιμοποιούνται τα κριτήρια πληροφορίας Akaike (AIC) και Schwarz (BIC), όπου χαμηλότερες τιμές υποδηλώνουν καλύτερη σχετική προσαρμογή μεταξύ εναλλακτικών προδιαγραφών. Ωστόσο, η επιλογή του καταλληλότερου υποδείγματος δεν βασίζεται αποκλειστικά στα κριτήρια πληροφορίας, αλλά προϋποθέτει και τη θεωρητική αποδοχή των εκτιμήσεων, τη στατιστική σημαντικότητα των βασικών παραμέτρων και την οικονομική ερμηνευσιμότητα των αποτελεσμάτων. Συνεπώς, υποδείγματα που παραβιάζουν βασικούς θεωρητικούς περιορισμούς, όπως η θετικότητα της υπό συνθήκη διακύμανσης στα συμμετρικά ARCH/GARCH, δεν επιλέγονται ακόμη και αν εμφανίζουν ευνοϊκότερες τιμές AIC ή BIC.

Στη διεθνή βιβλιογραφία, το υπόδειγμα GARCH(1,1) θεωρείται ένα από τα πλέον κατάλληλα και ευρέως χρησιμοποιούμενα υποδείγματα για τη μοντελοποίηση της χρηματοοικονομικής μεταβλητότητας. Σύμφωνα με τους Bollerslev (1986) και subsequent empirical studies, το GARCH(1,1) παρέχει αξιόπιστες εκτιμήσεις της υπό συνθήκη διακύμανσης και καταγράφει αποτελεσματικά το φαινόμενο της συσσωματωμένης μεταβλητότητας (volatility clustering), χωρίς να απαιτείται η χρήση πιο σύνθετων προδιαγραφών.

Η επιλογή του GARCH(1,1) βασίζεται στην αρχή της παραμετρικής οικονομίας (parsimony), καθώς ένα απλό και καλά προσδιορισμένο υπόδειγμα μπορεί να αποδώσει εξίσου αξιόπιστα αποτελέσματα σε σχέση με πιο σύνθετες προσεγγίσεις. Επιπλέον, η χρήση του επιτρέπει άμεση σύγκριση με εναλλακτικές προδιαγραφές, όπως το EGARCH, για τον έλεγχο πιθανής ασυμμετρίας στη μεταβλητότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Εμπειρική Ανάλυση και Αποτελέσματα

4.1 Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει τα εμπειρικά αποτελέσματα της ανάλυσης μεταβλητότητας για τρία αγροτικά εμπορεύματα: Coffee, Cocoa και Sugar. Η ανάλυση βασίζεται σε μηνιαία δεδομένα για την περίοδο 2016:02–2022:10, με μετασχηματισμό των τιμών σε λογαριθμικές αποδόσεις (log returns). Η εκτίμηση πραγματοποιήθηκε στο Gretl (έκδοση 2023b), με χρήση μονομεταβλητών υποδειγμάτων υπό συνθήκη διακύμανσης τύπου ARCH/GARCH και της ασύμμετρης προδιαγραφής EGARCH, μέσω της βιβλιοθήκης GIG (gig 2.24). Κεντρικός στόχος του κεφαλαίου είναι: (i) να εξεταστεί εάν οι αποδόσεις των τριών αγορών εμφανίζουν volatility clustering (δηλαδή εξάρτηση της μεταβλητότητας από το παρελθόν), (ii) να συγκριθούν εναλλακτικές προδιαγραφές (σύγκριση ARCH, GARCH και EGARCH) με βάση τη στατιστική σημαντικότητα των παραμέτρων και τα κριτήρια πληροφορίας (AIC, BIC), και (iii) να δοθεί οικονομική ερμηνεία των διαφορών στη δυναμική μεταβλητότητας μεταξύ καφέ, κακάο και ζάχαρης.

Η εμπειρική διαδικασία ακολουθεί σταθερή χρονική βάση, με το δείγμα να «κλειδώνει» στην περίοδο 2016:03–2022:10 για την εκτίμηση και τη συγκρισιμότητα των αποτελεσμάτων ($T = 80$ μετά τον μετασχηματισμό σε αποδόσεις). Τα τελικά ευρήματα δείχνουν ότι οι αγορές Coffee και Cocoa εμφανίζουν υπό συνθήκη μεταβλητότητα που μπορεί να περιγραφεί με ARCH-type μοντέλα (με καταλληλότερη επιλογή EGARCH(1,1) για τον καφέ και ARCH(1) για το κακάο), ενώ για τη ζάχαρη τα πιο σύνθετα μοντέλα (GARCH/EGARCH) δεν αποδίδουν αξιόπιστη εκτίμηση στη μηνιαία συχνότητα, στοιχείο που αντιμετωπίζεται ως εμπειρικό εύρημα και όχι ως τεχνική αστοχία. Η προσέγγιση ARCH εισάγεται από τον Engle (1982), ενώ η γενίκευση GARCH προτείνεται από τον Bollerslev (1986). Τα υποδείγματα αυτά επιτρέπουν τη μοντελοποίηση της υπό συνθήκη διακύμανσης ως συνάρτηση παρελθόντων σοκ και παρελθούσας μεταβλητότητας. Για την εξέταση ασύμμετρων επιδράσεων χρησιμοποιείται το EGARCH (Nelson, 1991), το οποίο βασίζεται σε λογαριθμική προδιαγραφή της διακύμανσης και δεν επιβάλλει περιορισμούς μη-αρνητικότητας στις παραμέτρους. Επιπλέον, εξετάζεται η επίδραση

εξωγενών μεταβλητών (VIX και WTI) στη μεταβλητότητα μέσω υποδείγματος τύπου ARCH-X, ώστε να διερευνηθεί κατά πόσο η χρηματοοικονομική αβεβαιότητα και οι διακυμάνσεις στην αγορά ενέργειας επηρεάζουν τη δυναμική των αγορών εμπορευμάτων.

4.2 Περιγραφική Ανάλυση και Προκαταρκτικοί Έλεγχοι Ετεροσκεδαστικότητας τύπου ARCH

Πριν από την εκτίμηση υποδειγμάτων υπό συνθήκη διακύμανσης, πραγματοποιήθηκαν προκαταρκτικοί έλεγχοι για την ύπαρξη φαινομένων ετεροσκεδαστικότητας τύπου ARCH στις μηνιαίες λογαριθμικές αποδόσεις των τριών αγροτικών προϊόντων (Coffee, Cocoa, Sugar). Η ανάλυση ακολούθησε τυπική εμπειρική διαδικασία δύο σταδίων: (i) εκτίμηση εξίσωσης μέσης τιμής με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων (OLS), και (ii) εφαρμογή του ελέγχου ARCH LM στις καταλοίπους των υποδειγμάτων, ώστε να ελεγχθεί η μηδενική υπόθεση απουσίας ARCH δυναμικής. Στα κλασικά ARCH/GARCH υποδείγματα η υπό συνθήκη διακύμανση πρέπει να παραμένει μη αρνητική. Για τον λόγο αυτό, τυπικά απαιτούνται μη αρνητικοί συντελεστές στους όρους ARCH και GARCH, ώστε να διασφαλίζεται η θετικότητα της διακύμανσης. Όταν προκύπτουν αρνητικές εκτιμήσεις, τα αντίστοιχα συμμετρικά υποδείγματα κρίνονται θεωρητικά μη αποδεκτά, ακόμη και αν οι παράμετροι εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές (Engle, 1982· Bollerslev, 1986).

4.2.1 Εξίσωση μέσης τιμής (OLS)

Για κάθε προϊόν εκτιμήθηκε η εξίσωση:

$$r_t = c + u_t$$

όπου r_t είναι η μηνιαία λογαριθμική απόδοση και u_t το σφάλμα.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι μέσες μηνιαίες αποδόσεις δεν είναι στατιστικά σημαντικές για κανένα από τα τρία προϊόντα στο επίπεδο 5%, γεγονός συμβατό με τη

βιβλιογραφία για αγορές εμπορευμάτων σε μεσοπρόθεσμο ορίζοντα. Ειδικότερα, για τη ζάχαρη ο σταθερός όρος δεν παρουσιάζει καμία στατιστική σημαντικότητα ($p\text{-value} = 0.8806$), ενώ αντίστοιχα μη σημαντικά αποτελέσματα παρατηρούνται και για τον καφέ και το κακάο.

4.2.2 Έλεγχος ARCH LM (12 υστερήσεις)

Ο έλεγχος ARCH LM εφαρμόστηκε με 12 υστερήσεις, ώστε να ληφθεί υπόψη πιθανή ετήσια δομή στη μεταβλητότητα των μηνιαίων αποδόσεων. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1 – Έλεγχος ARCH LM (12 υστερήσεις), 2016:03–2022:10

Προϊόν	LM statistic	p-value	Συμπέρασμα
Coffee	7.14005	0.848221	Δεν υπάρχουν ARCH effects
Cocoa	46.8418	4.96×10^{-6}	Ισχυρά ARCH effects
Sugar	7.75285	0.804133	Δεν υπάρχουν ARCH effects

Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν σαφή διαφοροποίηση μεταξύ των αγορών. Για τον καφέ και τη ζάχαρη, οι υψηλές $p\text{-values}$ οδηγούν σε μη απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης, υποδηλώνοντας ότι στη μηνιαία συχνότητα του δείγματος δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική δυναμική υπό συνθήκη μεταβλητότητας. Αντίθετα, για το κακάο η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται έντονα, γεγονός που τεκμηριώνει την ύπαρξη έντονου volatility clustering και δικαιολογεί την εφαρμογή υποδειγμάτων ARCH/GARCH στη συνέχεια της ανάλυσης.

4.3 Οπτική Ανάλυση Λογαριθμικών Αποδόσεων (Σχήμα 4.1)

Στο παρόν υποκεφάλαιο εξετάζεται η δυναμική συμπεριφορά των μηνιαίων λογαριθμικών αποδόσεων των τριών αγροτικών προϊόντων μέσω γραφικής απεικόνισης. Το Σχήμα 4.1 παρουσιάζει τις αποδόσεις των Coffee, Cocoa και Sugar, καθώς και των χρηματοοικονομικών μεταβλητών VIX και WTI, για την περίοδο 2016:03–2022:10. Η γραφική απεικόνιση επιτρέπει την οπτική ανίχνευση φαινομένων μεταβλητότητας, ακραίων παρατηρήσεων και πιθανών συστάδων

μεταβλητότητας (volatility clustering), οι οποίες εμφανίζονται εντονότερα κατά την περίοδο 2020–2022.



Σχήμα 4.1: Μηνιαίες λογαριθμικές αποδόσεις Coffee, Cocoa, Sugar, VIX και WTI (2016:03–2022:10). Πηγή: Ιδία επεξεργασία στο Gretl (2023b), με μηνιαία δεδομένα τιμών.

4.3.1 Καφές (Coffee)

Οι αποδόσεις του καφέ εμφανίζουν έντονες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου, με σαφείς φάσεις αυξημένης μεταβλητότητας, ιδίως μετά το 2019 και κατά την περίοδο 2020–2022. Παρατηρούνται εναλλαγές περιόδων ηρεμίας και περιόδων έντονων διακυμάνσεων, στοιχείο που μπορεί να υποδηλώνει εναλλαγές περιόδων μεταβλητότητας, χωρίς όμως να τεκμηριώνεται στατιστικά

σημαντική συμμετρική ARCH δυναμική στη μηνιαία συχνότητα. Παρότι ο προκαταρκτικός έλεγχος ARCH LM δεν επιβεβαιώνει στατιστικά σημαντική ARCH δυναμική για τον καφέ στη μηνιαία συχνότητα, η γραφική ανάλυση υποδηλώνει μη ομοιόμορφη απόκριση της μεταβλητότητας σε διαταραχές των αποδόσεων, γεγονός που αιτιολογεί τη δοκιμή ασύμμετρων υποδειγμάτων τύπου EGARCH στα επόμενα στάδια της ανάλυσης.

4.3.2 Κακάο (Cocoa)

Οι αποδόσεις του κακάο παρουσιάζουν ιδιαίτερα έντονες και συχνές διακυμάνσεις, με εμφανείς συστάδες υψηλής μεταβλητότητας. Το μοτίβο αυτό είναι συνεπές με τα αποτελέσματα του ελέγχου ARCH LM, το οποίο κατέδειξε ισχυρή παρουσία ARCH effects. Στο γράφημα παρατηρούνται περίοδοι όπου μεγάλες θετικές ή αρνητικές αποδόσεις ακολουθούνται από αυξημένη μεταβλητότητα και στις επόμενες περιόδους, στοιχείο που επιβεβαιώνει την ύπαρξη volatility clustering και δικαιολογεί πλήρως την εφαρμογή υποδειγμάτων ARCH/GARCH για το κακάο.

4.3.3 Ζάχαρη (Sugar)

Αντίθετα, οι αποδόσεις της ζάχαρης εμφανίζουν πιο ομαλή συμπεριφορά σε σύγκριση με τα άλλα δύο προϊόντα. Παρότι καταγράφονται μεμονωμένες ακραίες παρατηρήσεις, δεν παρατηρούνται παρατεταμένες περίοδοι αυξημένης μεταβλητότητας. Η εικόνα αυτή είναι απόλυτα συμβατή με τα αποτελέσματα του ελέγχου ARCH LM, σύμφωνα με τα οποία δεν τεκμηριώνεται στατιστικά σημαντική ARCH δυναμική στη μηνιαία συχνότητα. Συνεπώς, η οπτική ανάλυση ενισχύει το συμπέρασμα ότι η αγορά της ζάχαρης χαρακτηρίζεται από σχετικά σταθερή διακύμανση στο εξεταζόμενο δείγμα.

4.3.4 Συνολική αξιολόγηση

Συνολικά, το Σχήμα 4.1 αναδεικνύει σαφείς διαφορές στη δυναμική των αποδόσεων μεταξύ των τριών αγορών. Το κακάο εμφανίζει την πιο έντονη και συστηματική μεταβλητότητα, ο καφές παρουσιάζει εναλλασσόμενες φάσεις μεταβλητότητας με ενδείξεις ασυμμετρίας, ενώ η ζάχαρη χαρακτηρίζεται από

συγκριτικά πιο ήπια και σταθερή συμπεριφορά. Τα ευρήματα αυτά είναι απολύτως συνεπή με τα αποτελέσματα των προκαταρκτικών ελέγχων και θέτουν το πλαίσιο για την εκτίμηση των υποδειγμάτων υπό συνθήκη διακύμανσης που ακολουθούν.

4.3.5 Κριτήρια ερμηνείας και στατιστικής σημαντικότητας των υποδειγμάτων

Στην παρούσα εμπειρική ανάλυση, η αξιολόγηση των υποδειγμάτων ARCH/GARCH/EGARCH βασίζεται τόσο στη θεωρητική αποδοχή των εκτιμήσεων όσο και στη στατιστική τους τεκμηρίωση. Η στατιστική σημαντικότητα των παραμέτρων κρίνεται μέσω των p-values: όταν το p-value μιας παραμέτρου είναι μικρότερο του 5% (ή, σε οριακές περιπτώσεις, του 10%), η παράμετρος θεωρείται στατιστικά σημαντική και η αντίστοιχη επίδραση στη μεταβλητότητα τεκμηριώνεται στο εξεταζόμενο δείγμα. Αντίθετα, υψηλές τιμές p-value υποδηλώνουν ότι η επίδραση δεν είναι στατιστικά διακριτή από το μηδέν και, συνεπώς, δεν μπορεί να εξαχθεί ισχυρό συμπέρασμα για τη συγκεκριμένη παράμετρο. Το p-value δεν αποτυπώνει το μέγεθος της επίδρασης, αλλά το κατά πόσο τα δεδομένα παρέχουν επαρκή ένδειξη ότι η παράμετρος διαφέρει στατιστικά από το μηδέν.

Πέραν της στατιστικής σημαντικότητας, στα συμμετρικά ARCH/GARCH υποδείγματα απαιτείται οι παράμετροι της εξίσωσης διακύμανσης να είναι θεωρητικά αποδεκτές (τυπικά μη αρνητικές), ώστε η υπό συνθήκη διακύμανση να παραμένει μη αρνητική. Επομένως, ακόμη και αν μια παράμετρος εμφανίζεται στατιστικά σημαντική, ένα υπόδειγμα μπορεί να απορριφθεί ως θεωρητικά μη αποδεκτό όταν παραβιάζει βασικούς περιορισμούς, όπως αρνητικές εκτιμήσεις των συντελεστών της εξίσωσης διακύμανσης.

Η οικονομική ερμηνεία των παραμέτρων της εξίσωσης διακύμανσης έχει ως εξής. Ο όρος ARCH (α) αποτυπώνει την άμεση επίδραση των πρόσφατων σοκ στις αποδόσεις στη σημερινή μεταβλητότητα. Όταν ο όρος είναι θετικός και στατιστικά σημαντικός, τεκμηριώνεται ότι τα πρόσφατα σοκ επηρεάζουν θετικά την υπό συνθήκη μεταβλητότητα, καθώς ο όρος ARCH πολλαπλασιάζει το τετραγωνικό σφάλμα των αποδόσεων, το οποίο είναι μη αρνητικό. Το αποτέλεσμα αυτό συνδέεται με το φαινόμενο της συσσωματωμένης μεταβλητότητας (volatility clustering), όπου μεγάλες μεταβολές στις αποδόσεις ακολουθούνται από περιόδους αυξημένης μεταβλητότητας.

Ο όρος GARCH (β) αποτυπώνει την επιμονή της μεταβλητότητας, δηλαδή το κατά πόσο η αυξημένη μεταβλητότητα διατηρείται στον χρόνο. Όταν το άθροισμα $\alpha + \beta$ είναι υψηλό αλλά μικρότερο της μονάδας, η μεταβλητότητα τείνει να αποκλιμακώνεται μετά από ένα σοκ, αλλά με αργό ρυθμό, γεγονός που υποδηλώνει υψηλή επιμονή. Αντίθετα, χαμηλότερες τιμές του $\alpha + \beta$ υποδηλώνουν ταχύτερη επάνοδο της μεταβλητότητας σε πιο φυσιολογικά επίπεδα.

Στα ασύμμετρα υποδείγματα EGARCH, ο όρος γ (gamma) ελέγχει αν η μεταβλητότητα αντιδρά διαφορετικά σε θετικά και αρνητικά σοκ (sign ή leverage effect). Όταν ο όρος γ είναι στατιστικά σημαντικός, τεκμηριώνεται ότι το πρόσημο του σοκ επηρεάζει την υπό συνθήκη μεταβλητότητα και συνεπώς υπάρχει ασυμμετρία στη δυναμική της διακύμανσης. Το πρόσημο του γ υποδεικνύει την κατεύθυνση της ασυμμετρίας, δηλαδή ποιος τύπος διαταραχής συνδέεται με ισχυρότερη μεταβολή της μεταβλητότητας, σύμφωνα με τη συγκεκριμένη παραμετροποίηση του υποδείγματος EGARCH που χρησιμοποιείται. Σε κάθε περίπτωση, ο όρος γ αποτυπώνει την ύπαρξη και την κατεύθυνση της ασυμμετρίας στη μεταβλητότητα. Όταν ο γ δεν είναι στατιστικά σημαντικός, δεν προκύπτει ισχυρό συμπέρασμα για ασύμμετρη αντίδραση της μεταβλητότητας στη συγκεκριμένη συχνότητα και στο εξεταζόμενο δείγμα.

Τέλος, η συγκριτική αξιολόγηση των εναλλακτικών προδιαγραφών υποδειγμάτων πραγματοποιείται με βάση τη λογαριθμική πιθανοφάνεια και τα κριτήρια πληροφορίας Akaike (AIC) και Schwarz (BIC), όπου χαμηλότερες τιμές υποδεικνύουν καλύτερη προσαρμογή, υπό την προϋπόθεση ότι το υπόδειγμα είναι θεωρητικά αποδεκτό και στατιστικά ερμηνεύσιμο. Σημειώνεται ότι στα υποδείγματα υπό συνθήκη διακύμανσης η κατεύθυνση της επίδρασης δεν ερμηνεύεται όπως σε κλασικές παλινδρομήσεις μέσης τιμής. Στα συμμετρικά ARCH/GARCH, όταν προκύπτουν αρνητικές εκτιμήσεις των παραμέτρων της εξίσωσης διακύμανσης, το αποτέλεσμα δεν ερμηνεύεται ως μείωση της μεταβλητότητας, αλλά οδηγεί σε απόρριψη της προδιαγραφής ως θεωρητικά μη αποδεκτής. Όταν, αντίθετα, οι παράμετροι είναι θετικές και στατιστικά σημαντικές, τεκμηριώνεται η ύπαρξη δυναμικής υπό συνθήκη μεταβλητότητας και επιμονής της μεταβλητότητας στο εξεταζόμενο δείγμα.

4.4 Εκτίμηση Υποδειγμάτων Υπό Συνθήκη Διακύμανσης για τον Καφέ (Coffee)

Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα εκτίμησης υποδειγμάτων υπό συνθήκη διακύμανσης για τις μηνιαίες λογαριθμικές αποδόσεις του καφέ. Παρότι ο προκαταρκτικός έλεγχος ARCH LM δεν κατέδειξε στατιστικά σημαντική συμμετρική ARCH δυναμική στη μηνιαία συχνότητα ($p = 0.848$), η έντονη μεταβλητότητα που παρατηρείται οπτικά στο Σχήμα 4.1, καθώς και η πιθανή μη γραμμική και ασύμμετρη απόκριση της μεταβλητότητας σε διαταραχές των αποδόσεων, δικαιολογούν την εκτίμηση υποδειγμάτων τύπου ARCH/GARCH ως διερευνητική ανάλυση. Επιπλέον, είναι γνωστό ότι ο έλεγχος ARCH LM μπορεί να έχει περιορισμένη ισχύ σε μικρά δείγματα και σε χαμηλή συχνότητα δεδομένων, γεγονός που ενδέχεται να οδηγεί σε μη ανίχνευση ασθενέστερων μορφών υπό συνθήκη μεταβλητότητας. Στο πλαίσιο αυτό, η εκτίμηση ασύμμετρων προδιαγραφών τύπου EGARCH επιτρέπει μεγαλύτερη ευελιξία στη μοντελοποίηση της διακύμανσης και δεν επιβάλλει περιορισμούς θετικότητας στις παραμέτρους. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για την περίοδο 2016:03–2022:10 με $T = 80$ παρατηρήσεις, χρησιμοποιώντας την βιβλιοθήκη GIG στο Gretl.

Αρχικά εκτιμήθηκε το απλό υπόδειγμα ARCH(1). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2 – Εκτίμηση ARCH(1)

Παράμετρος	Εκτίμηση	Τυπ. Σφάλμα	z	p-value
ω (omega)	48.5788	8.5756	5.665	1.47×10^{-8}
α_1 (alpha)	-0.09123	0.01724	-5.292	1.21×10^{-7}

Παρότι ο όρος ARCH εμφανίζεται στατιστικά σημαντικός, η αρνητική εκτίμηση του συντελεστή α_1 παραβιάζει τους θεωρητικούς περιορισμούς θετικότητας της εξίσωσης διακύμανσης στα συμμετρικά ARCH υποδείγματα ($\alpha_1 \geq 0$). Συνεπώς, το ARCH(1) απορρίπτεται ως θεωρητικά μη αποδεκτό για τον καφέ.

Στη συνέχεια εκτιμήθηκε το συμμετρικό υπόδειγμα GARCH(1,1). Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.3 – Εκτίμηση GARCH(1,1)

Παράμετρος	Εκτίμηση	Τυπ. Σφάλμα	z	p-value
ω (omega)	74.9803	17.0552	4.396	1.10×10^{-5}
α_1 (alpha)	-0.08847	0.01641	-5.393	6.95×10^{-8}
β_1 (beta)	-0.58852	0.20573	-2.861	0.0042

Και σε αυτή την περίπτωση, οι εκτιμήσεις των όρων α_1 και β_1 είναι αρνητικές, γεγονός που παραβιάζει τους θεωρητικούς περιορισμούς θετικότητας της υπό συνθήκη διακύμανσης στα συμμετρικά GARCH υποδείγματα και καθιστά το υπόδειγμα θεωρητικά μη αποδεκτό. Παρά τη στατιστική σημαντικότητα των παραμέτρων, το GARCH(1,1) δεν πληροί τις βασικές προϋποθέσεις θετικότητας της υπό συνθήκη διακύμανσης και συνεπώς δεν μπορεί να επιλεγεί ως κατάλληλο μοντέλο για τον καφέ. Λαμβάνοντας υπόψη τα προβλήματα των συμμετρικών υποδειγμάτων, εκτιμήθηκε το ασύμμετρο υπόδειγμα EGARCH(1,1), το οποίο δεν επιβάλλει περιορισμούς θετικότητας στις παραμέτρους και επιτρέπει διαφορετική επίδραση θετικών και αρνητικών σοκ στη μεταβλητότητα.

Πίνακας 4.4 – Εκτίμηση EGARCH(1,1)

Παράμετρος	Εκτίμηση	Τυπ. Σφάλμα	z	p-value
ω (omega)	3.64775	4.36807	0.835	0.4037
α (alpha)	-0.72733	0.31002	-2.346	0.0190
γ (gamma)	0.34565	0.24657	1.402	0.1610
β (beta)	0.15346	1.22030	0.126	0.8999

Στο EGARCH(1,1), ο όρος α (alpha) είναι στατιστικά σημαντικός ($p = 0.0190$), υποδηλώνοντας ότι τα σοκ στις αποδόσεις του καφέ συνδέονται με μεταβολές στη λογαριθμική υπό συνθήκη διακύμανση. Αντίθετα, ο όρος γ (gamma), ο οποίος αποτυπώνει τη διαφοροποιημένη επίδραση του προσήμου των σοκ (leverage

or sign effect), δεν είναι στατιστικά σημαντικός ($p = 0.1610$) στο «κλειδωμένο» δείγμα 2016:03–2022:10. Συνεπώς, δεν προκύπτει ισχυρή ένδειξη ασύμμετρης αντίδρασης της μεταβλητότητας του καφέ σε θετικά έναντι αρνητικών σοκ στη μηνιαία συχνότητα. Η επιλογή του EGARCH(1,1) δικαιολογείται κυρίως ως ευέλικτη προδιαγραφή που αποφεύγει περιορισμούς θετικότητας και παρέχει σταθερότερη εκτίμηση σε σχέση με τα συμμετρικά ARCH/GARCH υποδείγματα, τα οποία οδηγούν σε θεωρητικά μη αποδεκτές παραμέτρους.

Σύγκριση και τελική επιλογή υποδείγματος

Η σύγκριση των εναλλακτικών προδιαγραφών δείχνει ότι τόσο το ARCH(1) όσο και το GARCH(1,1) απορρίπτονται λόγω παραβίασης βασικών θεωρητικών περιορισμών. Το EGARCH(1,1) παρέχει αριθμητικά σταθερότερη και θεωρητικά αποδεκτή προδιαγραφή έναντι των συμμετρικών ARCH/GARCH, τα οποία οδηγούν σε μη αποδεκτές παραμέτρους στη διακύμανση. Ωστόσο, στο κλειδωμένο δείγμα ο όρος ασυμμετρίας (γ) δεν είναι στατιστικά σημαντικός, συνεπώς η ασυμμετρία δεν τεκμηριώνεται ισχυρά στη μηνιαία συχνότητα και η επιλογή του EGARCH ερμηνεύεται κυρίως ως λύση προδιαγραφής/ευελιξίας. Αντίθετα, το EGARCH(1,1) παρέχει αριθμητικά σταθερότερη και θεωρητικά αποδεκτή προδιαγραφή σε σχέση με τα συμμετρικά ARCH/GARCH υποδείγματα, τα οποία οδηγούν σε μη αποδεκτές παραμέτρους στη διακύμανση. Η επιλογή του EGARCH(1,1) ερμηνεύεται συνεπώς κυρίως ως λύση προδιαγραφής και ευελιξίας, και όχι ως ισχυρή ένδειξη ασύμμετρης δυναμικής στη μηνιαία συχνότητα.

4.5 Εκτίμηση Υποδειγμάτων Υπό Συνθήκη Διακύμανσης για το Κακάο (Cocoa)

Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα εκτίμησης υποδειγμάτων υπό συνθήκη διακύμανσης για τις μηνιαίες λογαριθμικές αποδόσεις του κακάο. Σε αντίθεση με τον καφέ, τα προκαταρκτικά αποτελέσματα για το κακάο καταδεικνύουν ισχυρή παρουσία δυναμικής τύπου ARCH, όπως προκύπτει τόσο από τον έλεγχο ARCH LM όσο και από την οπτική επιθεώρηση των αποδόσεων. Η ανάλυση πραγματοποιείται για την περίοδο 2016:03–2022:10, με $T = 80$ παρατηρήσεις, χρησιμοποιώντας τη βιβλιοθήκη GIG στο Gretl.

Ο έλεγχος ARCH LM τάξεως 12 στις καταλοίπους της εξίσωσης μέσης τιμής (OLS με σταθερό όρο) απορρίπτει σαφώς τη μηδενική υπόθεση μη ύπαρξης ARCH επίδρασης για το κακάο:

- LM = 46.84
- p-value = 4.96×10^{-6}

Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει έντονη συγκέντρωση μεταβλητότητας (volatility clustering), καθιστώντας τα υποδείγματα ARCH-type απολύτως κατάλληλα για την ανάλυση του κακάο.

Αρχικά εκτιμήθηκε το απλό υπόδειγμα ARCH(1). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.5.

Πίνακας 4.5 – Εκτίμηση ARCH(1) για Cocoa

Παράμετρος	Εκτίμηση	Τυπ. Σφάλμα	z	p-value
ω (omega)	39.3153	12.6875	3.099	0.0019
α_1 (alpha)	0.57219	0.22087	2.591	0.0096

Και οι δύο παράμετροι είναι θετικές και στατιστικά σημαντικές, ικανοποιώντας πλήρως τους θεωρητικούς περιορισμούς του υποδείγματος. Η θετική τιμή του όρου α_1 υποδηλώνει ότι μεγάλα σοκ στις αποδόσεις του κακάο οδηγούν σε αυξημένη μεταβλητότητα στις επόμενες περιόδους, επιβεβαιώνοντας την ύπαρξη volatility clustering.

Στη συνέχεια εκτιμήθηκε το συμμετρικό υπόδειγμα GARCH(1,1), ώστε να εξεταστεί η επιμονή της μεταβλητότητας. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.6.

Πίνακας 4.6 – Εκτίμηση GARCH(1,1) για Cocoa

Παράμετρος	Εκτίμηση	Τυπ. Σφάλμα	z	p-value
ω (omega)	13.6110	10.6230	1.281	0.2001
α_1 (alpha)	0.41747	0.22382	1.865	0.0622

Παράμετρος	Εκτίμηση	Τυπ. Σφάλμα	z	p-value
β_1 (beta)	0.48499	0.29126	1.665	0.0959

Παρότι οι παράμετροι α_1 και β_1 είναι θετικές και οριακά στατιστικά σημαντικές (σε επίπεδο 10%), το άθροισμα $\alpha_1 + \beta_1 \approx 0.90$ υποδηλώνει υψηλή επιμονή της μεταβλητότητας. Ωστόσο, τα κριτήρια πληροφορίας (AIC, BIC) δεν βελτιώνονται σε σχέση με το ARCH(1), γεγονός που περιορίζει το συγκριτικό πλεονέκτημα του GARCH.

Για λόγους πληρότητας, εκτιμήθηκε και το ασύμμετρο υπόδειγμα EGARCH(1,1). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.7.

Πίνακας 4.7 – Εκτίμηση EGARCH(1,1) για Cocoa

Παράμετρος	Εκτίμηση	Τυπ. Σφάλμα	z	p-value
ω (omega)	5.60676	0.63886	8.776	<0.001
α (alpha)	0.70184	0.19588	3.583	0.0003
γ (gamma)	0.17671	0.14701	1.202	0.2293
β (beta)	-0.43884	0.09071	-4.838	<0.001

Παρότι το EGARCH εμφανίζει στατιστικά σημαντικούς όρους omega, alpha και beta, ο όρος ασυμμετρίας (γ) δεν είναι στατιστικά σημαντικός. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι, σε αντίθεση με τον καφέ, η μεταβλητότητα του κακάο δεν παρουσιάζει έντονη ασύμμετρη συμπεριφορά. Επιπλέον, τα κριτήρια πληροφορίας είναι υψηλότερα σε σχέση με το ARCH(1).

Τελική επιλογή υποδείγματος για το κακάο

Η συνολική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων δείχνει ότι:

- Το ARCH(1) είναι θεωρητικά αποδεκτό, στατιστικά ισχυρό και οικονομικά ερμηνεύσιμο.
- Το GARCH(1,1) δεν προσφέρει σαφή βελτίωση έναντι του ARCH.
- Το EGARCH(1,1) δεν τεκμηριώνει στατιστικά σημαντική ασυμμετρία.

Κατά συνέπεια, το ARCH(1) επιλέγεται ως το καταλληλότερο υπόδειγμα για την περιγραφή της υπό συνθήκη διακύμανσης των αποδόσεων του κακάο στη μηνιαία συχνότητα.



Σχήμα 4.2: Υπό συνθήκη διακύμανση των μηνιαίων λογαριθμικών αποδόσεων του καφέ και του κακάο (2016:03–2022:10). Για τον καφέ χρησιμοποιείται EGARCH(1,1) και για το κακάο ARCH(1). Πηγή: Ιδία επεξεργασία στο Gretl

(2023b). Για τον καφέ η διακύμανση εκτιμάται με υπόδειγμα EGARCH(1,1), ενώ για το κακάο με υπόδειγμα ARCH(1).

4.6 Εκτίμηση Υποδειγμάτων Υπό Συνθήκη Διακύμανσης για τη Ζάχαρη (Sugar)

Το παρόν υποκεφάλαιο εξετάζει τη δυναμική της υπό συνθήκη μεταβλητότητας των μηνιαίων λογαριθμικών αποδόσεων της ζάχαρης. Σε αντίθεση με τον καφέ και το κακάο, η ζάχαρη παρουσιάζει ιδιαίτερη συμπεριφορά, καθώς τα περισσότερα υποδείγματα GARCH και EGARCH αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα σύγκλισης και θεωρητικής αποδοχής. Η ανάλυση πραγματοποιείται για την περίοδο 2016:03–2022:10, με $T = 80$ παρατηρήσεις, χρησιμοποιώντας το Gretl (έκδοση 2023b).

Αρχικά εκτιμήθηκε εξίσωση μέσης τιμής με σταθερό όρο και πραγματοποιήθηκε έλεγχος ARCH LM τάξεως 12 στις καταλοίπους.

Τα αποτελέσματα για τη ζάχαρη είναι τα εξής:

- $LM = 7.75$
- $p\text{-value} = 0.804$

Η υψηλή p -τιμή δεν επιτρέπει την απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης μη ύπαρξης ARCH επίδρασης. Συνεπώς, δεν τεκμηριώνεται στατιστικά σημαντική δυναμική υπό συνθήκη μεταβλητότητας στη μηνιαία συχνότητα των δεδομένων. Το εύρημα αυτό αποτελεί ισχυρή ένδειξη ότι η μεταβλητότητα της ζάχαρης είναι σχετικά σταθερή στο εξεταζόμενο δείγμα. Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι, στο εξεταζόμενο δείγμα και στη μηνιαία συχνότητα, η διακύμανση των αποδόσεων της ζάχαρης δεν εμφανίζει συστηματική εξάρτηση από παρελθόντα σοκ. Συνεπώς, η εφαρμογή υποδειγμάτων τύπου GARCH δεν αναμένεται να αποδώσει ουσιαστικά πλεονεκτήματα έναντι μιας σταθερής διακύμανσης.

Παρά την απουσία ένδειξης ARCH από τον LM έλεγχο, εκτιμήθηκε για λόγους πληρότητας το υπόδειγμα ARCH(1) σε ποσοστιαίες λογαριθμικές αποδόσεις.

Πίνακας 4.8 – Εκτίμηση ARCH(1) για Sugar (percent returns)

Παράμετρος	Εκτίμηση	Τυπ. Σφάλμα	z	p-value
ω (omega)	87.9625	20.9076	4.207	<0.001
α_1 (alpha)	-0.05171	0.01767	-2.927	0.0034

Παρότι οι παράμετροι είναι στατιστικά σημαντικές, ο όρος α_1 είναι αρνητικός, γεγονός που παραβιάζει τους θεωρητικούς περιορισμούς του υποδείγματος ARCH. Ως εκ τούτου, το αποτέλεσμα κρίνεται θεωρητικά μη αποδεκτό, παρά τη στατιστική του σημαντικότητα.

Τα παραπάνω αριθμητικά και θεωρητικά προβλήματα δεν αντιμετωπίζονται ως απλές τεχνικές αστοχίες της εκτίμησης, αλλά ως ένδειξη ότι το υπόδειγμα GARCH(1,1) επιχειρεί να προσαρμοστεί σε δεδομένα που δεν παρουσιάζουν δομημένη δυναμική υπό συνθήκη μεταβλητότητας στη μηνιαία συχνότητα. Η αστάθεια των παραμέτρων και η αποτυχία σύγκλισης ερμηνεύονται συνεπώς ως συμβατές με τα αποτελέσματα του ελέγχου ARCH LM. Στη συνέχεια επιχειρήθηκε η εκτίμηση του υποδείγματος GARCH(1,1). Τα αποτελέσματα εμφάνισαν σοβαρά προβλήματα:

- αρνητικό όρο α_1 ,
- $\beta_1 > 1$,
- μη θετικά ορισμένη Εσσιανή μήτρα,
- αποτυχία σύγκλισης (fallback σε OPG).

Τα παραπάνω υποδεικνύουν ότι το GARCH(1,1) δεν είναι κατάλληλο για τη ζάχαρη στο εξεταζόμενο δείγμα και στη μηνιαία συχνότητα.

Για να διερευνηθεί αν τα προβλήματα οφείλονται στην κλίμακα των δεδομένων, οι αποδόσεις της ζάχαρης μετασχηματίστηκαν σε δεκαδική μορφή. Στο πλαίσιο αυτό εκτιμήθηκε εκ νέου το υπόδειγμα ARCH(1).

Πίνακας 4.9 – Εκτίμηση ARCH(1) για Sugar (decimal returns)

Παράμετρος	Εκτίμηση	Τυπ. Σφάλμα	z	p-value
------------	----------	-------------	---	---------

Παράμετρος	Εκτίμηση	Τυπ. Σφάλμα	z	p-value
ω (omega)	0.00652	0.00314	2.079	0.0377
α_1 (alpha)	0.18212	0.70935	0.257	0.797

Παρότι η παράμετρος omega είναι στατιστικά σημαντική, ο όρος α_1 παραμένει μη σημαντικός. Το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώνει ότι η υπό συνθήκη μεταβλητότητα της ζάχαρης δεν παρουσιάζει ουσιαστική εξάρτηση από παρελθόντα σοκ. Τέλος, επιχειρήθηκε η εκτίμηση υποδειγμάτων EGARCH(1,1), τόσο με όσο και χωρίς όρο ασυμμετρίας. Σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρήθηκαν:

- αποτυχία σύγκλισης,
- μη θετικά ορισμένη Εσσιανή,
- αστάθεια παραμέτρων.

Τα αποτελέσματα αυτά ενισχύουν το συμπέρασμα ότι η ζάχαρη δεν παρουσιάζει δομημένη δυναμική μεταβλητότητας που να μπορεί να περιγραφεί αξιόπιστα από υποδείγματα τύπου GARCH στη μηνιαία συχνότητα.

Συμπέρασμα για τη ζάχαρη

Η συνολική ανάλυση οδηγεί στα εξής συμπεράσματα:

- Δεν ανιχνεύεται στατιστικά σημαντική ARCH δυναμική στη μηνιαία συχνότητα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ελέγχου ARCH LM.
- Τα υποδείγματα ARCH και GARCH παρουσιάζουν θεωρητικά ή/και αριθμητικά προβλήματα εκτίμησης.
- Η μεταβλητότητα της ζάχαρης εμφανίζεται σχετικά σταθερή στο εξεταζόμενο δείγμα και δεν παρουσιάζει δομημένη εξάρτηση από παρελθόντα σοκ.
- Το εύρημα αυτό αφορά τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο και τη μηνιαία συχνότητα των δεδομένων και δεν αποκλείει διαφορετική συμπεριφορά της μεταβλητότητας σε άλλη συχνότητα ή σε διαφορετικό δείγμα.

Ως εκ τούτου, δεν επιλέγεται κάποιο υπόδειγμα υπό συνθήκη διακύμανσης για τη ζάχαρη και το προϊόν αντιμετωπίζεται ως περίπτωση χαμηλής δυναμικής μεταβλητότητας στη μηνιαία βάση. Η αποτυχία σύγκλισης των υποδειγμάτων

GARCH και EGARCH δεν ερμηνεύεται ως τεχνική αδυναμία της ανάλυσης ή ως ένδειξη ύπαρξης ή μη ύπαρξης μεταβλητότητας καθαρής. Αντιθέτως, αποτελεί ένδειξη ότι, στο εξεταζόμενο δείγμα και στη μηνιαία συχνότητα, τα δεδομένα της ζάχαρης δεν περιέχουν επαρκή πληροφορία ώστε να υποστηρίξουν μια δομημένη δυναμική υπό συνθήκη μεταβλητότητας τύπου GARCH.

Η αστάθεια των παραμέτρων και τα προβλήματα σύγκλισης είναι συνεπή με τα αποτελέσματα του ελέγχου ARCH LM και ενισχύουν το συμπέρασμα ότι η αποτυχία σύγκλισης συνιστά ουσιαστικό εμπειρικό εύρημα και όχι αριθμητικό πρόβλημα της διαδικασίας εκτίμησης.

4.7 Συγκριτική Ανάλυση Υποδειγμάτων Μεταβλητότητας: Coffee – Cocoa – Sugar

Στο παρόν υποκεφάλαιο πραγματοποιείται συγκριτική αξιολόγηση της δυναμικής υπό συνθήκη μεταβλητότητας των τριών αγροτικών προϊόντων (Coffee, Cocoa και Sugar), με βάση τα αποτελέσματα των ελέγχων ARCH LM και των εκτιμημένων υποδειγμάτων ARCH/GARCH/EGARCH. Η σύγκριση αποσκοπεί στην ανάδειξη των διαφορών στη συμπεριφορά των αγορών και στην επιλογή του καταλληλότερου υποδείγματος για κάθε προϊόν.

Αρχικά, συγκρίνονται τα αποτελέσματα των ελέγχων ARCH LM (12 υστερήσεις) για τις τρεις χρονοσειρές αποδόσεων.

Πίνακας 4.10 – Έλεγχος ARCH LM (12 lags)

Προϊόν	LM statistic	p-value	Συμπέρασμα
Coffee	7.14	0.848	Δεν ανιχνεύεται ARCH
Cocoa	46.84	<0.001	Ισχυρή ARCH δυναμική
Sugar	7.75	0.804	Δεν ανιχνεύεται ARCH

Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν έντονη ετερογένεια μεταξύ των αγορών. Το κακάο εμφανίζει σαφή και ισχυρή δυναμική υπό συνθήκη μεταβλητότητας, ενώ ο καφές και η ζάχαρη δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές ARCH επιδράσεις στη μηνιαία συχνότητα.

Στη συνέχεια αξιολογούνται τα αποτελέσματα των συμμετρικών υποδειγμάτων ARCH(1) και GARCH(1,1).

- Coffee: Τα υποδείγματα ARCH και GARCH εκτιμώνται αριθμητικά, ωστόσο οι όροι ARCH/GARCH εμφανίζονται αρνητικοί, γεγονός που παραβιάζει τους θεωρητικούς περιορισμούς.
- Cocoa: Το ARCH(1) παρουσιάζει θετικό και στατιστικά σημαντικό όρο α_1 , επιβεβαιώνοντας την έντονη παρουσία volatility clustering.
- Sugar: Τα υποδείγματα παρουσιάζουν είτε θεωρητικά μη αποδεκτές παραμέτρους είτε αποτυχία σύγκλισης, γεγονός συμβατό με την απουσία στατιστικά σημαντικής ARCH δυναμικής.

Πίνακας 4.11 – Έλεγχος συμμετρικών ARCH/GARCH

Προϊόν	ARCH(1)	GARCH(1,1)	Κατάσταση
Coffee	Θεωρητικά μη αποδεκτό	Θεωρητικά μη αποδεκτό	Μη επιλεγμένα
Cocoa	Σημαντικό	Οριακά	ARCH(1) επιλέγεται
Sugar	Μη σταθερό	Μη σύγκλιση	Απορρίπτεται

Τα υποδείγματα EGARCH(1,1) επιτρέπουν την εξέταση ασύμμετρων επιδράσεων στη μεταβλητότητα.

- Coffee: Το EGARCH(1,1) εκτιμάται επιτυχώς και παρέχει αριθμητικά σταθερή και θεωρητικά αποδεκτή προδιαγραφή έναντι των συμμετρικών ARCH/GARCH υποδειγμάτων, τα οποία οδηγούν σε μη αποδεκτές παραμέτρους στη διακύμανση. Ωστόσο, ο όρος ασυμμετρίας (γ) δεν είναι στατιστικά σημαντικός στο κλειδωμένο δείγμα ($p = 0.161$), γεγονός που υποδηλώνει ότι δεν τεκμηριώνεται ισχυρή ασύμμετρη δυναμική στη μηνιαία

συχνότητα. Η επιλογή του EGARCH(1,1) ερμηνεύεται συνεπώς κυρίως ως λύση προδιαγραφής και ευελιξίας.

- Cocoa: Παρότι το EGARCH εκτιμάται επιτυχώς, δεν υπερτερεί του ARCH(1) με βάση τα κριτήρια πληροφoρίας.
- Sugar: Το EGARCH αποτυγχάνει να συγκλίνει σε όλες τις προδιαγραφές.

Πίνακας 4.12 – EGARCH και ασυμμετρία

Προϊόν	Ασύμμετρη επίδραση	Κατάσταση
Coffee προδιαγραφής	Μη καθοριστική	EGARCH επιλέγεται για λόγους
Cocoa	Μη καθοριστική	Δεν επιλέγεται
Sugar	–	Μη σύγκλιση

4.7.1 Επιλογή τελικού υποδείγματος

Με βάση τα κριτήρια πληροφoρίας, τη στατιστική σημαντικότητα και τη θεωρητική αποδοχή, επιλέγεται για κάθε προϊόν το ακόλουθο υπόδειγμα:

Πίνακας 4.13 – Τελική επιλογή υποδειγμάτων

Προϊόν	Τελικό Υπόδειγμα	Βασικό εύρημα
Coffee	EGARCH(1,1)	Ευέλικτη προδιαγραφή EGARCH (σταθερότητα έναντι ARCH/GARCH)
Cocoa	ARCH(1)	Έντονο volatility clustering (συμμετρική δυναμική)
Sugar	Κανένα	Σχεδόν σταθερή διακύμανση στη μηνιαία συχνότητα

Οι διαφοροποιήσεις μεταξύ των τριών προϊόντων είναι οικονομικά εύλογες:

- Ο καφές επηρεάζεται έντονα από σοκ προσφοράς (π.χ. καιρικά φαινόμενα), κάτι που στη βιβλιογραφία συχνά συνδέεται με πιθανές ασύμμετρες αντιδράσεις σε υψηλότερη συχνότητα. Στο παρόν μηνιαίο δείγμα, ωστόσο, η ασυμμετρία δεν τεκμηριώνεται στατιστικά, και το EGARCH επιλέγεται κυρίως για λόγους προδιαγραφής/σταθερότητας.
- Το κακάο χαρακτηρίζεται από επίμονη μεταβλητότητα, συνδεδεμένη με τη συγκέντρωση παραγωγής και τη διεθνή ζήτηση.
- Η ζάχαρη εμφανίζει πιο σταθερή συμπεριφορά, αντανακλώντας τη μεγαλύτερη βιομηχανοποίηση και τη διαφοροποίηση προσφοράς.

Τα διαγράμματα μηνιαίων αποδόσεων (Σχήμα 4.1) και υπό συνθήκη διακύμανσης (Σχήμα 4.2) επιβεβαιώνουν οπτικά τα παραπάνω αποτελέσματα. Η μεταβλητότητα του καφέ παρουσιάζει έντονες αιχμές και ασυμμετρία, του κακάο σαφές clustering, ενώ της ζάχαρης εμφανίζεται ομαλή.

4.8 Επίδραση εξωγενών μεταβλητών στη μεταβλητότητα των εμπορευμάτων

Στο παρόν υποκεφάλαιο εξετάζεται εμπειρικά η επίδραση εξωγενών χρηματοοικονομικών και ενεργειακών παραγόντων στη μεταβλητότητα των αγορών αγροτικών εμπορευμάτων. Συγκεκριμένα, διερευνάται κατά πόσο η χρηματοοικονομική αβεβαιότητα και οι διακυμάνσεις στην αγορά ενέργειας επηρεάζουν τη δυναμική της υπό συνθήκη διακύμανσης. Για τον σκοπό αυτό εκτιμήθηκε υπόδειγμα τύπου ARCH-X, στο οποίο η διακύμανση προσεγγίζεται μέσω των τετραγώνων των καταλοίπων της εξίσωσης μέσης τιμής και εξαρτάται από:

- την παρελθούσα διακύμανση (u^2_{t-1}),
- τις αποδόσεις του δείκτη χρηματοοικονομικής αβεβαιότητας VIX,
- τις αποδόσεις της τιμής του αργού πετρελαίου WTI.

Η εκτίμηση πραγματοποιήθηκε για την αγορά του καφέ με τη μέθοδο OLS, χρησιμοποιώντας 67 παρατηρήσεις για την περίοδο 2016:03–2022:10.

Πίνακας 4.14: Εκτίμηση υποδείγματος ARCH-X με εξωγενείς μεταβλητές για τον καφέ

Μεταβλητή	Συντελεστής	Τυπικό σφάλμα	t-stat	p-value	Στατιστική σημαντικότητα
-----------	-------------	---------------	--------	---------	--------------------------

Μεταβλητή	Συντελεστής	Τυπικό σφάλμα	t-stat	p-value	Στατιστική σημαντικότητα
Σταθερά (ω)	81.5736	18.8167	4.335	<0.001	***
$u^2(t-1)$	-0.0686	0.1267	-0.542	0.5899	Μη σημαντική
$r_VIX(t-1)$	0.0876	0.7205	0.122	0.9036	Μη σημαντική
$r_WTI(t-1)$	-0.8603	1.3521	-0.636	0.5269	Μη σημαντική

R^2 : 0.014

Παρατηρήσεις: 67

F-statistic: 0.299 ($p = 0.826$)

*** $p < 0.01$

Πηγή: Ιδία επεξεργασία στο Gretl (2023b)

Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι εξωγενείς μεταβλητές δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές στη διαμόρφωση της μεταβλητότητας του καφέ στη μηνιαία συχνότητα. Συγκεκριμένα, ο συντελεστής του δείκτη χρηματοοικονομικής αβεβαιότητας VIX είναι θετικός αλλά μη στατιστικά σημαντικός ($p = 0.9036$), ενώ και ο συντελεστής των αποδόσεων του αργού πετρελαίου WTI είναι αρνητικός και μη στατιστικά σημαντικός ($p = 0.5269$). Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι, για το εξεταζόμενο δείγμα και στη μηνιαία συχνότητα, η μεταβλητότητα της αγοράς καφέ δεν επηρεάζεται άμεσα από τη χρηματοοικονομική αβεβαιότητα ή τις διακυμάνσεις της αγοράς ενέργειας, αλλά καθορίζεται κυρίως από εσωτερικούς παράγοντες της ίδιας της αγοράς. Σημειώνεται ότι στα υποδείγματα τύπου ARCH-X οι συντελεστές των εξωγενών μεταβλητών μπορούν να λάβουν θετικές ή αρνητικές τιμές χωρίς να παραβιάζονται οι θεωρητικοί περιορισμοί του υποδείγματος, καθώς οι περιορισμοί μη αρνητικότητας αφορούν μόνο τους όρους ARCH και GARCH της εξίσωσης διακύμανσης. Συνολικά, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η δυναμική της μεταβλητότητας στην αγορά καφέ χαρακτηρίζεται κυρίως από ενδογενή συμπεριφορά και όχι από άμεσες εξωτερικές επιδράσεις, εύρημα που είναι συμβατό με τη σχετική εμπειρική βιβλιογραφία για αγορές αγροτικών εμπορευμάτων στη μηνιαία συχνότητα.

4.9 Οικονομική Συζήτηση Αποτελεσμάτων και Σύνδεση με τη Βιβλιογραφία

Η παρούσα ενότητα ερμηνεύει οικονομικά τα εμπειρικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τα υποδείγματα υπό συνθήκη διακύμανσης για τις αγορές Coffee, Cocoa και Sugar (μηνιαίες λογαριθμικές αποδόσεις, 2016:03–2022:10) και τα συνδέει με τα αναμενόμενα ευρήματα του Κεφαλαίου 2 και τη διεθνή βιβλιογραφία. Η διεθνής βιβλιογραφία υποστηρίζει ότι οι αποδόσεις των εμπορευμάτων συχνά εμφανίζουν συσσωματωμένη μεταβλητότητα (volatility clustering), γεγονός που καθιστά τα ARCH/GARCH κατάλληλα εργαλεία για τη μοντελοποίηση της υπό συνθήκη διακύμανσης (Engle, 1982· Bollerslev, 1986). Ωστόσο, η ένταση και η στατιστική “ανιχνευσιμότητα” αυτής της δυναμικής δεν είναι ομοιόμορφη σε όλα τα προϊόντα και εξαρτάται κρίσιμα από το προϊόν, τη χρονική περίοδο και τη συχνότητα των δεδομένων (Gilbert, 2010).

α) Κακάο (Cocoa): ισχυρή επιβεβαίωση δυναμικής ARCH και volatility clustering

Για το κακάο, τα αποτελέσματα τεκμηριώνουν καθαρά την ύπαρξη υπό συνθήκη μεταβλητότητας: ο έλεγχος ARCH LM απορρίπτει έντονα τη μηδενική υπόθεση απουσίας ARCH effects, ενώ το ARCH(1) εκτιμάται με θετικές και στατιστικά σημαντικές παραμέτρους. Η εικόνα αυτή αντιστοιχεί ακριβώς στη βασική λογική των ARCH υποδειγμάτων, σύμφωνα με την οποία μεγάλα σοκ στις αποδόσεις τείνουν να αυξάνουν τη μεταβλητότητα στις επόμενες περιόδους, δημιουργώντας “συστάδες” υψηλής διακύμανσης (Engle, 1982). Επιπλέον, η επιλογή του ARCH(1) έναντι πιο σύνθετων προδιαγραφών στο συγκεκριμένο δείγμα είναι συνεπής με τη θέση ότι, σε ορισμένες αγορές, η δυναμική μεταβλητότητας μπορεί να αποτυπώνεται επαρκώς με απλούστερα συμμετρικά σχήματα, χωρίς να απαιτείται απαραίτητα GARCH ή ασύμμετρη προδιαγραφή (Bollerslev, 1986). Σε όρους οικονομικής ερμηνείας, το αποτέλεσμα είναι εύλογο για μια αγορά που μπορεί να επηρεάζεται έντονα από σοκ προσφοράς και διαταραχές, τα οποία “μεταφέρονται” στη μεταβλητότητα με χρονική επιμονή, κάτι που η βιβλιογραφία έχει αναδείξει ως τυπικό μοτίβο σε αγορές εμπορευμάτων (Gilbert, 2010). Συνεπώς, τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας επιβεβαιώνουν πλήρως τις προσδοκίες του Κεφαλαίου 2 για το κακάο.

β) Καφές (Coffee): επιλογή EGARCH ως λύση προδιαγραφής/σταθερότητας, χωρίς ισχυρή τεκμηρίωση ασυμμετρίας στη μηνιαία βάση

Για τον καφέ, η εικόνα είναι πιο σύνθετη. Παρότι το γράφημα αποδόσεων υποδηλώνει εναλλαγές περιόδων υψηλής και χαμηλής μεταβλητότητας, ο έλεγχος ARCH LM στη μηνιαία συχνότητα δεν εντοπίζει συμμετρική ARCH δυναμική. Επιπλέον, τα συμμετρικά ARCH/GARCH υποδείγματα οδηγούν σε θεωρητικά μη αποδεκτές εκτιμήσεις (αρνητικές παράμετροι στην εξίσωση διακύμανσης), άρα δεν μπορούν να αποτελέσουν τελική επιλογή, ακόμη και αν είναι στατιστικά σημαντικές. Στο πλαίσιο αυτό, η επιλογή του EGARCH(1,1) είναι μεθοδολογικά συνεπής, διότι το EGARCH βασίζεται σε λογαριθμική προδιαγραφή της διακύμανσης και δεν απαιτεί τους περιορισμούς μη-αρνητικότητας που δεσμεύουν τα συμμετρικά ARCH/GARCH (Nelson, 1991).

Ωστόσο, στο συγκεκριμένο “κλειδωμένο” δείγμα, ο όρος ασυμμετρίας (γ) δεν είναι στατιστικά σημαντικός, άρα δεν τεκμηριώνεται ισχυρά ότι η μεταβλητότητα του καφέ αντιδρά διαφορετικά σε θετικά έναντι αρνητικών σοκ στη μηνιαία βάση. Αυτό δεν αναιρεί ότι ο καφές μπορεί να παρουσιάζει πιο σύνθετη συμπεριφορά σε άλλη συχνότητα (π.χ. εβδομαδιαία/ημερήσια) ή σε διαφορετικό χρονικό διάστημα, αλλά δείχνει ότι στο παρόν δείγμα η “ασυμμετρία” δεν είναι στατιστικά ανιχνεύσιμη. Επομένως, η επιλογή EGARCH ερμηνεύεται κυρίως ως λύση προδιαγραφής και αριθμητικής σταθερότητας (Nelson, 1991), ενώ η συνολική εικόνα συνάδει με τη γενική βιβλιογραφία που τονίζει ότι η εμφάνιση και η ένταση της υπό συνθήκη μεταβλητότητας επηρεάζονται από τη συχνότητα δεδομένων και το συγκεκριμένο δείγμα (Gilbert, 2010). Συνεπώς, οι αρχικές προσδοκίες του Κεφαλαίου 2 για τον καφέ επιβεβαιώνονται μερικώς: επιβεβαιώνεται η ανάγκη ευέλικτης προδιαγραφής, όχι όμως η ισχυρή ασυμμετρία στη μηνιαία συχνότητα.

γ) Ζάχαρη (Sugar): απουσία στατιστικά σημαντικής ARCH δυναμικής στη μηνιαία συχνότητα και “μη δομημένη” μεταβλητότητα στο δείγμα

Η ζάχαρη αποτελεί ειδική περίπτωση. Ο έλεγχος ARCH LM δεν δείχνει στατιστικά σημαντικά ARCH effects, ενώ οι προσπάθειες εκτίμησης ARCH/GARCH/EGARCH καταλήγουν είτε σε θεωρητικά μη αποδεκτές παραμέτρους είτε σε προβλήματα σύγκλισης. Το σύνολο αυτών των ενδείξεων υποστηρίζει ότι, στη μηνιαία βάση και στο συγκεκριμένο δείγμα, η μεταβλητότητα της ζάχαρης δεν εμφανίζει σταθερή “δομή” που να περιγράφεται αξιόπιστα από κλασικές GARCH προδιαγραφές. Αυτό ερμηνεύεται ως ουσιαστικό εμπειρικό

εύρημα και όχι ως απλή τεχνική αστοχία: όταν τα δεδομένα δεν περιέχουν επαρκή πληροφορία για δυναμική υπό συνθήκη διακύμανσης, οι πιο σύνθετες προδιαγραφές μπορεί να γίνονται ασταθείς ή μη αξιόπιστες σε χαμηλή συχνότητα.

Οικονομικά, το αποτέλεσμα είναι συμβατό με το ότι η συμπεριφορά της ζάχαρης μπορεί να επηρεάζεται από μηχανισμούς που δεν “γράφουν” καθαρά ως volatility clustering στη μηνιαία συχνότητα (π.χ. θεσμικοί/εμπορικοί παράγοντες και περίοδοι σχετικής εξομάλυνσης). Παράλληλα, η βιβλιογραφία έχει αναδείξει τον ρόλο της ενέργειας (πετρέλαιο) μέσω της βιοαιθανόλης ως δυνητικό δίαυλο που μπορεί να ενισχύει ή να μεταβάλλει τη συμπεριφορά των τιμών ζάχαρης, αλλά η ένταση αυτού του μηχανισμού δεν είναι αναγκαία σταθερή σε όλες τις περιόδους και συχνότητες (Baffes & Dennis, 2015). Συνεπώς, το αποτέλεσμα για τη ζάχαρη ευθυγραμμίζεται με τη διατύπωση του Κεφαλαίου 2 ότι στο συγκεκριμένο δείγμα είναι πιθανό να προκύψουν ασθενέστερες ενδείξεις ενδογενούς δυναμικής μεταβλητότητας στη μηνιαία βάση.

Συνολική αποτίμηση

Συνολικά, τα εμπειρικά ευρήματα αναδεικνύουν σημαντική ετερογένεια μεταξύ των τριών αγορών: το κακάο εμφανίζει καθαρή και στατιστικά ισχυρή δυναμική volatility clustering που αποτυπώνεται επαρκώς με ARCH(1), ο καφές απαιτεί ευέλικτη προδιαγραφή (EGARCH) κυρίως για λόγους θεωρητικής αποδοχής/σταθερότητας χωρίς όμως ισχυρή τεκμηρίωση ασυμμετρίας, ενώ η ζάχαρη δεν παρουσιάζει δομημένη δυναμική μεταβλητότητας στη μηνιαία συχνότητα στο εξεταζόμενο δείγμα. Τα αποτελέσματα είναι συνεπή με τη θεμελιώδη βιβλιογραφία των ARCH/GARCH και με τη θέση ότι η δυναμική μεταβλητότητας στα εμπορεύματα εξαρτάται από το προϊόν, το δείγμα και τη συχνότητα δεδομένων (Engle, 1982· Bollerslev, 1986· Nelson, 1991· Gilbert, 2010· Baffes & Dennis, 2015). Τα ευρήματα της παρούσας εμπειρικής ανάλυσης συμβάλλουν στη βιβλιογραφία για τη μεταβλητότητα των αγορών αγροτικών εμπορευμάτων με τρεις βασικούς τρόπους. Πρώτον, επιβεβαιώνεται εμπειρικά ότι η ύπαρξη δυναμικής υπό συνθήκη μεταβλητότητας δεν αποτελεί καθολικό χαρακτηριστικό όλων των αγορών soft commodities. Ενώ για το κακάο τεκμηριώνεται σαφής και στατιστικά σημαντική δυναμική τύπου ARCH, για τη ζάχαρη δεν εντοπίζεται αντίστοιχη δομημένη μεταβλητότητα στη μηνιαία συχνότητα, γεγονός που υποστηρίζει τη θέση της

βιβλιογραφίας ότι η ένταση της μεταβλητότητας διαφοροποιείται ανά προϊόν και περίοδο.

Δεύτερον, η μελέτη δείχνει ότι η καταλληλότητα των υποδειγμάτων ARCH/GARCH αποτελεί εμπειρικό ζήτημα και όχι δεδομένη υπόθεση. Τα αποτελέσματα για τον καφέ καταδεικνύουν ότι τα συμμετρικά ARCH/GARCH δεν είναι πάντοτε θεωρητικά αποδεκτά, γεγονός που καθιστά αναγκαία τη χρήση πιο ευέλικτων προδιαγραφών όπως το EGARCH. Το εύρημα αυτό συνάδει με τη διεθνή βιβλιογραφία που τονίζει ότι η μορφή της μεταβλητότητας εξαρτάται από τη συχνότητα των δεδομένων και τη δομή της αγοράς.

Τρίτον, η παρούσα εργασία συμβάλλει εμπειρικά εξετάζοντας μια πρόσφατη περίοδο αυξημένης παγκόσμιας αβεβαιότητας (πανδημία COVID-19 και ενεργειακές πιέσεις), παρέχοντας συγκριτική αξιολόγηση τριών βασικών αγορών soft commodities με ενιαία μεθοδολογική προσέγγιση. Με τον τρόπο αυτό ενισχύεται η κατανόηση της ετερογένειας στη δυναμική μεταβλητότητας των αγροτικών προϊόντων και αναδεικνύεται η σημασία της επιλογής κατάλληλου υποδείγματος για κάθε αγορά.

Η απουσία στατιστικά σημαντικής επίδρασης των εξωγενών μεταβλητών μπορεί να αποδοθεί σε διάφορους παράγοντες. Πρώτον, η χρήση μηνιαίων δεδομένων ενδέχεται να εξομαλύνει βραχυχρόνιες διακυμάνσεις και να μειώνει τη στατιστική σημαντικότητα εξωτερικών σοκ. Δεύτερον, οι αγορές αγροτικών εμπορευμάτων επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από θεμελιώδεις παράγοντες προσφοράς και ζήτησης, όπως οι καιρικές συνθήκες και οι γεωργικές αποδόσεις, οι οποίοι δεν αποτυπώνονται πλήρως σε χρηματοοικονομικούς δείκτες όπως ο VIX ή οι τιμές πετρελαίου.

Ωστόσο, τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι, όπου ανιχνεύεται στατιστικά, η μεταβλητότητα καθορίζεται κυρίως από την ενδογενή δυναμική των αγορών, στοιχείο συμβατό με τη σχετική εμπειρική βιβλιογραφία. Συνολικά, τα ευρήματα αναδεικνύουν έντονη ετερογένεια μεταξύ των τριών αγορών: στο κακάο τεκμηριώνεται σαφής και στατιστικά ισχυρή δυναμική τύπου ARCH (volatility clustering), ενώ στον καφέ τα συμμετρικά ARCH/GARCH οδηγούν σε θεωρητικά μη αποδεκτές εκτιμήσεις και η επιλογή EGARCH(1,1) δικαιολογείται κυρίως από ζητήματα θεωρητικής αποδοχής και ευελιξίας, χωρίς ισχυρή ένδειξη ασυμμετρίας στη

μηνιαία βάση. Αντίθετα, στη ζάχαρη δεν εντοπίζεται δομημένη δυναμική υπό συνθήκη μεταβλητότητας στη μηνιαία συχνότητα, γεγονός που είναι συνεπές με την απουσία ARCH effects και τα προβλήματα σύγκλισης/σταθερότητας στα πιο σύνθετα υποδείγματα. Τέλος, η εισαγωγή εξωγενών μεταβλητών (VIX, WTI) μέσω ARCH-X υποδεικνύει περιορισμένη άμεση επίδραση στη μηνιαία μεταβλητότητα, με την ενδογενή δυναμική να παραμένει ο κυρίαρχος μηχανισμός στις αγορές όπου αυτή ανιχνεύεται εμπειρικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Συμπεράσματα και Προεκτάσεις

5.1 Σύνοψη της μελέτης και κύρια ευρήματα

Η παρούσα μελέτη είχε ως στόχο τη διερεύνηση της δυναμικής της υπό συνθήκη μεταβλητότητας στις αγορές τριών βασικών αγροτικών προϊόντων (soft commodities), του καφέ, του κακάο και της ζάχαρης, για την περίοδο Φεβρουαρίου 2016 – Οκτωβρίου 2022. Η ανάλυση βασίστηκε σε μηνιαία δεδομένα τιμών, τα οποία μετασχηματίστηκαν σε λογαριθμικές αποδόσεις, και εφαρμόστηκαν μονομεταβλητά υποδείγματα ARCH, GARCH και EGARCH, με σκοπό την αποτύπωση της δυναμικής της υπό συνθήκη διακύμανσης και την αξιολόγηση της καταλληλότερης προδιαγραφής για κάθε προϊόν.

Η μεθοδολογική προσέγγιση περιλάμβανε αρχικά την εκτίμηση απλών υποδειγμάτων μέσης τιμής και προκαταρκτικών ελέγχων ετεροσκεδαστικότητας τύπου ARCH (ARCH-LM), προκειμένου να διερευνηθεί αν τα δεδομένα υποστηρίζουν την εφαρμογή υποδειγμάτων υπό συνθήκη διακύμανσης. Στη συνέχεια, εκτιμήθηκαν εναλλακτικές προδιαγραφές υποδειγμάτων μεταβλητότητας, με τη συγκριτική αξιολόγησή τους να βασίζεται στη στατιστική σημαντικότητα των παραμέτρων, στη θεωρητική αποδοχή των εκτιμήσεων και στα κριτήρια πληροφορίας Akaike (AIC) και Schwarz (BIC).

Τα εμπειρικά αποτελέσματα ανέδειξαν σαφή ετερογένεια μεταξύ των τριών αγορών. Για το κακάο, τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την ύπαρξη έντονης και στατιστικά σημαντικής δυναμικής μεταβλητότητας τύπου ARCH στη μηνιαία συχνότητα, γεγονός που τεκμηριώνει την παρουσία volatility clustering και υψηλής επιμονής της διακύμανσης. Αντίθετα, για τον καφέ, τα συμμετρικά υποδείγματα

ARCH/GARCH οδήγησαν σε θεωρητικά μη αποδεκτές εκτιμήσεις της εξίσωσης διακύμανσης, γεγονός που κατέστησε αναγκαία τη χρήση της πιο ευέλικτης προδιαγραφής EGARCH. Παρότι δεν τεκμηριώνεται στατιστικά σημαντική ασυμμετρία στη μηνιαία συχνότητα, το υπόδειγμα EGARCH αποδείχθηκε καταλληλότερο από άποψη θεωρητικής αποδοχής και αριθμητικής σταθερότητας.

Η περίπτωση της ζάχαρης διαφοροποιείται ουσιαστικά, καθώς δεν εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική δυναμική υπό συνθήκη μεταβλητότητας στη μηνιαία βάση. Οι έλεγχοι ARCH LM δεν υποδεικνύουν ύπαρξη ARCH effects, ενώ τα υποδείγματα GARCH και EGARCH παρουσίασαν προβλήματα σύγκλισης ή θεωρητικής αποδοχής. Το εύρημα αυτό ερμηνεύεται ως ένδειξη ασθενούς ή μη δομημένης ενδογενούς δυναμικής μεταβλητότητας στο συγκεκριμένο δείγμα και όχι ως τεχνικός περιορισμός της μεθοδολογίας.

Τέλος, η εισαγωγή εξωγενών μεταβλητών στην εξίσωση διακύμανσης μέσω υποδείγματος τύπου ARCH-X έδειξε ότι οι αποδόσεις του δείκτη χρηματοοικονομικής αβεβαιότητας (VIX) και της αγοράς ενέργειας (WTI) δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντική άμεση επίδραση στη μηνιαία μεταβλητότητα των εξεταζόμενων αγορών. Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι, στη μηνιαία συχνότητα και για την εξεταζόμενη περίοδο, η μεταβλητότητα των αγροτικών εμπορευμάτων προσδιορίζεται κυρίως από την ενδογενή δυναμική των ίδιων των αγορών.

5.2 Οικονομική ερμηνεία και συμβολή της μελέτης

Η ανάλυση καταδεικνύει ότι η δυναμική της μεταβλητότητας στα αγροτικά εμπορεύματα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα δομικά χαρακτηριστικά κάθε αγοράς. Το κακάο εμφανίζει υψηλή και επίμονη μεταβλητότητα, γεγονός που μπορεί να συνδεθεί με τη συγκέντρωση της παγκόσμιας παραγωγής, την ευαισθησία σε κλιματικούς και πολιτικούς κινδύνους, καθώς και τη σχετικά ανελαστική βραχυχρόνια προσφορά. Η ύπαρξη volatility clustering αυξάνει την αβεβαιότητα και καθιστά πιο απαιτητική τη διαχείριση κινδύνου για τους συμμετέχοντες στην αγορά.

Στον καφέ, τα αποτελέσματα υποδηλώνουν πιο σύνθετη και ενδεχομένως μη γραμμική συμπεριφορά της μεταβλητότητας, χωρίς όμως σαφή στατιστική τεκμηρίωση ασυμμετρίας στη μηνιαία συχνότητα. Το εύρημα αυτό είναι συνεπές με τη διεθνή βιβλιογραφία, η οποία επισημαίνει ότι ασύμμετρες επιδράσεις ενδέχεται να

αναδεικνύονται εντονότερα σε υψηλότερη συχνότητα δεδομένων ή σε μεγαλύτερα δείγματα.

Για τη ζάχαρη, η σχετική σταθερότητα της μεταβλητότητας στη μηνιαία βάση υποδηλώνει ότι οι διακυμάνσεις των τιμών ενδέχεται να απορροφώνται σε σημαντικό βαθμό από θεσμικούς και διαρθρωτικούς μηχανισμούς, όπως η γεωγραφική διαφοροποίηση της παραγωγής, τα αποθέματα και οι παρεμβάσεις πολιτικής. Η απουσία αξιόπιστης δυναμικής μεταβλητότητας καθιστά τα κλασικά υποδείγματα GARCH λιγότερο κατάλληλα για τη συγκεκριμένη αγορά στη συγκεκριμένη συχνότητα.

Η συμβολή της παρούσας μελέτης έγκειται αφενός στην ανάλυση μιας πρόσφατης περιόδου αυξημένης παγκόσμιας αβεβαιότητας και αφετέρου στη συγκριτική αξιολόγηση τριών βασικών αγορών soft commodities με ενιαία μεθοδολογική προσέγγιση. Τα αποτελέσματα υποστηρίζουν την άποψη ότι η δυναμική μεταβλητότητας δεν αποτελεί καθολικό χαρακτηριστικό των αγροτικών αγορών, αλλά διαφοροποιείται σημαντικά ανά προϊόν και χρονική κλίμακα.

5.3 Περιορισμοί και κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα

Η παρούσα μελέτη βασίζεται σε μηνιαία δεδομένα και σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο, γεγονός που ενδέχεται να περιορίζει τη στατιστική ισχύ ορισμένων οικονομετρικών υποδειγμάτων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως στη ζάχαρη, τα υποδείγματα GARCH και EGARCH δεν κατέστη δυνατό να συγκλίνουν σε σταθερή λύση. Η αποτυχία σύγκλισης δεν θα πρέπει να ερμηνευθεί ως τεχνική αδυναμία του λογισμικού εκτίμησης, αλλά ως ένδειξη ότι τα διαθέσιμα δεδομένα στη συγκεκριμένη συχνότητα και στο εξεταζόμενο δείγμα δεν περιέχουν επαρκή πληροφορία ώστε να υποστηρίξουν αξιόπιστα μια δομημένη δυναμική υπό συνθήκη μεταβλητότητας. Στη διεθνή βιβλιογραφία έχει επισημανθεί ότι σε περιπτώσεις περιορισμένου δείγματος ή χαμηλής συχνότητας δεδομένων η δυναμική μεταβλητότητας ενδέχεται να μην είναι στατιστικά ανιχνεύσιμη. Συνεπώς, η μη σύγκλιση ορισμένων υποδειγμάτων αντιμετωπίζεται στην παρούσα εργασία ως εμπειρικό αποτέλεσμα και όχι ως τεχνικό σφάλμα της διαδικασίας εκτίμησης.

Παρά τη συστηματική μεθοδολογική προσέγγιση, η παρούσα μελέτη υπόκειται σε ορισμένους περιορισμούς. Η χρήση μηνιαίων δεδομένων περιορίζει τη δυνατότητα ανίχνευσης βραχυχρόνιων και πιθανών ασύμμετρων μοτίβων μεταβλητότητας, τα οποία ενδέχεται να αναδεικνύονται σε υψηλότερη συχνότητα, όπως ημερήσια ή εβδομαδιαία δεδομένα. Επιπλέον, το σχετικά περιορισμένο μέγεθος του δείγματος ενδέχεται να επηρεάζει τη στατιστική ισχύ ορισμένων ελέγχων και την ακρίβεια εκτίμησης πιο σύνθετων υποδειγμάτων μεταβλητότητας.

Μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να επεκτείνει την ανάλυση σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα και διαφορετικές συχνότητες δεδομένων, καθώς και να εξετάσει εναλλακτικές ασύμμετρες προδιαγραφές υποδειγμάτων μεταβλητότητας. Επιπλέον, θα μπορούσε να διερευνηθεί περαιτέρω η επίδραση εξωγενών παραγόντων στη μεταβλητότητα, όπως δείκτες χρηματοοικονομικής αβεβαιότητας και τιμές ενέργειας (π.χ. VIX και πετρέλαιο), μέσω πιο σύνθετων ή υψηλότερης συχνότητας υποδειγμάτων. Παράλληλα, η εφαρμογή πολυμεταβλητών υποδειγμάτων GARCH θα μπορούσε να συμβάλει στην κατανόηση της δυναμικής αλληλεπίδρασης και της μετάδοσης διαταραχών μεταξύ των αγορών αγροτικών προϊόντων, ενισχύοντας περαιτέρω την εμπειρική βιβλιογραφία στον τομέα των soft commodities. Συνολικά, η παρούσα μελέτη επιβεβαιώνει ότι η μεταβλητότητα στις αγορές αγροτικών εμπορευμάτων δεν αποτελεί ομοιογενές φαινόμενο, αλλά διαφοροποιείται σημαντικά ανά προϊόν και περίοδο. Η εφαρμογή υποδειγμάτων υπό συνθήκη διακύμανσης ανέδειξε την έντονη ετερογένεια μεταξύ των αγορών κακάο, καφέ και ζάχαρης, υπογραμμίζοντας τη σημασία της κατάλληλης οικονομετρικής προδιαγραφής για κάθε αγορά. Τα ευρήματα συμβάλλουν στην καλύτερη κατανόηση της δυναμικής μεταβλητότητας των soft commodities και μπορούν να αξιοποιηθούν τόσο σε ακαδημαϊκό επίπεδο όσο και στη διαχείριση κινδύνου και στη διαμόρφωση στρατηγικών στην αγορά εμπορευμάτων.

Βιβλιογραφία

- Aklimawati, L., Harianto, H., & Suryana, A. (2015). Estimating the volatility of cocoa price return using ARCH and GARCH models. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 5(1), 180–188.
- Baffes, J., & Dennis, A. (2015). *Long-term drivers of food prices*. World Bank Policy Research Working Paper No. 6455. World Bank.
<https://documents.worldbank.org>
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307–327.
[https://doi.org/10.1016/0304-4076\(86\)90063-1](https://doi.org/10.1016/0304-4076(86)90063-1)
- Box, G. E. P., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2015). *Time series analysis: Forecasting and control* (5th ed.). Wiley.
- Brooks, C. (2019). *Introductory econometrics for finance* (4th ed.). Cambridge University Press.
- Cottrell, A., & Lucchetti, R. (2023). gretl (Version 2023b) [Computer software]. <https://gretl.sourceforge.net>
- Enders, W. (2015). *Applied Econometric Time Series* (4th ed.). Wiley.
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica*, 50(4), 987–1007.
<https://doi.org/10.2307/1912773>
- Federal Reserve Bank of St. Louis. (2023). *FRED: Federal Reserve Economic Data*. <https://fred.stlouisfed.org>
- Gilbert, C. L. (2010). How to understand high food prices. *Journal of Agricultural Economics*, 61(2), 398–425.
<https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2010.00248.x>
- Gorton, G., & Rouwenhorst, K. G. (2006). Facts and fantasies about commodity futures. *Financial Analysts Journal*, 62(2), 47–68. <https://doi.org/10.2469/faj.v62.n2.4083>
- Hamilton, J. D. (1994). *Time series analysis*. Princeton University Press.
- Nelson, D. B. (1991). Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach. *Econometrica*, 59(2), 347–370. <https://doi.org/10.2307/2938260>

- Serra, T. (2011). Volatility spillovers between food and energy markets: A semiparametric approach. *Energy Economics*, 33(6), 1155–1164.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.04.003>
- Tang, K., & Xiong, W. (2012). Index investment and the financialization of commodities. *Financial Analysts Journal*, 68(6), 54–74.
<https://doi.org/10.2469/faj.v68.n6.5>
- Tsay, R. S. (2010). *Analysis of financial time series* (3rd ed.). Wiley.
- UNCTAD. (2011). *Price volatility in food and agricultural markets: Policy responses*. United Nations Conference on Trade and Development.
https://unctad.org/system/files/official-document/suc-miscDP01_en.pdf
- UNCTAD. (2023). *Commodities and Development Report*. United Nations Conference on Trade and Development.
<https://unctad.org>