

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΑ
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ**



Διπλωματική εργασία:

Volatility transmission among financial markets

**Καζάκου Κωνσταντίνα
Επιβλέπων Καθηγητής: Φουντάς Στυλιανός**

Θεσσαλονίκη 2023

Περίληψη

Η παρούσα εργασία εξετάζει το φαινόμενο της διάχυσης της μεταβλητότητας στις χρηματαγορές και συγκεκριμένα στις 7 αγορές του πολιτικού φόρουμ G7(Καναδάς, ΗΠΑ, Ηνωμένο Βασίλειο, Γερμανία, Γαλλία, Ιαπωνία και Ιταλία). Χρησιμοποιώντας το μοντέλο μεταβλητότητας BEKK-GARCH εξετάζεται κατά πόσο, στα πλαίσια της παγκοσμιοποίησης, παρατηρείται αλληλεπίδραση στα 21 ζεύγη αγορών των παραπάνω οικονομιών τη χρονική περίοδο 2002-2022. Η εργασία επιβεβαιώνει τη βιβλιογραφική έρευνα, καθώς σύμφωνα με τα αποτελέσματα εντοπίζεται αλληλεξάρτηση στα παραπάνω ζευγάρια των 7 οικονομιών.

Λέξεις κλειδιά: Μεταβλητότητα, BEKK-GARCH, G7, Φαινόμενο Διάχυσης(spillover effect).

Abstract

This paper investigates the volatility transmission among the 7 member countries of the G7, a political forum consisting of the world's advanced economies, including France, Canada, Germany, Italy, the United Kingdom, the United States of America and Japan. In order to study the volatility transmission we collected daily data that cover the period 2002-2022 and we used the BEKK-GARCH model. The results confirm the literature, as we find evidence of significant correlation among the 7 markets.

Key words: BEKK-GARCH, G7, spillover effect, Volatility

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ.Φουντά Στυλιανό για την υποστήριξη και την επιστημονική καθοδήγηση που μου προσέφερε κατά τη συγγραφή της διπλωματικής μου εργασίας. Επίσης θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου για τη στήριξη και την κατανόηση καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	5
2.Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	6
3.Εμπειρική Ανάλυση.....	8
3.1 Περιγραφή Δεδομένων.....	8
3.2 Μεθοδολογία.....	9
4. Αποτελέσματα.....	13
5. Συμπεράσματα.....	29
6.Βιβλιογραφία.....	30
Παράρτημα.....	32

1. Εισαγωγή

Η παγκοσμιοποίηση αποτελεί έναν από τους πιο πολυσυζητημένους όρους των τελευταίων δεκαετιών, καθώς επηρεάζει το κοινωνικο-πολιτικό και οικονομικό προσκήνιο, εκφράζει την ελεύθερη διακίνηση ιδεών και προϊόντων ανά τον κόσμο, και έχει συμβάλλει στην αλματώδη ανάπτυξη της τεχνολογίας. Ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά της παγκοσμιοποίησης είναι η σύσφιξη των οικονομικών δεσμών, κάτι το οποίο καθιστά συχνό φαινόμενο τη διάχυση εξωγενών παραγόντων και κρίσεων ανάμεσα στις χρηματαγορές.

Αυτή η ραγδαία συγχώνευση των αγορών σε συνδυασμό με τη συνεχή ανάπτυξη μέσω μεταδόσης των ειδήσεων αναγκάζει επενδυτές και διαχειριστές χαρτοφυλακίων να λαμβάνουν υπόψη όχι μόνο τις πληροφορίες της εγχώριας αγοράς αλλά και της παγκόσμιας. Οι χρηματιστηριακές αγορές παρουσιάζουν πλέον αυξημένη ευαισθησία, η οποία αντικατοπτρίζεται στην αύξηση της μεταβλητότητας των αποδόσεων των μετοχών(αλλαγή των τιμών των μετοχών), συνεπώς στην επικινδυνότητα της μετοχής. Το παραπάνω φαινόμενο μετάδοσης πληροφοριών μεταξύ των χρηματαγορών συχνά αναφέρεται στην οικονομική βιβλιογραφία ως «contagion» και σύμφωνα με τους Forbes & Rigobon (2002) ορίζεται ως η αύξηση του φαινομένου της κοινής πορείας(co-movement) των χρηματαγορών μετά από ένα σοκ που θα συμβεί σε μία από αυτές. Οι Khallouli και Sandretto (2010) στην έρευνα τους δίνουν πέντε ορισμούς για το παραπάνω φαινόμενο. Αρχικά ως «contagion» αναφέρουν το φαινόμενο της μετάδοσης μίας κρίσης από μία χώρα σε μία άλλη, ενώ ενδιαφέρον αποτελεί και ο ορισμός σύμφωνα με τον οποίο το φαινόμενο «contagion» παρατηρείται όταν οι επενδυτές επιδίδονται σε κινήσεις πανικού επηρεασμένοι από απότομες αλλαγές στην αγορά.

Η ύπαρξη του φαινομένου της μετάδοσης των κρίσεων, καθώς και η ταχύτητα διάδοσης πληροφοριών στις χρηματιστηριακές αγορές προκύπτουν εξαιτίας της διεθνούς οικονομικής ολοκλήρωσης και έχουν απασχολήσει πολλούς ερευνητές σε παγκόσμιο επίπεδο. Πόσο ισχυρή είναι η αλληλεξάρτηση μεταξύ των χρηματαγορών και σε τι βαθμό ένα εξωγενές σοκ στο χρηματιστήριο της Ιαπωνίας θα επηρεάσει το χρηματιστήριο του Λονδίνου;

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μελετήσει τη διάχυση της μεταβλητότητας ανάμεσα σε 7 ισχυρά χρηματιστήρια και συγκεκριμένα των χωρών που συντελούν το πολιτικό φόρουμ Group of Seven(Καναδάς, Γαλλία, Ιταλία, Γερμανία, Ιαπωνία, Ηνωμένο Βασίλειο, Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής). Η μελέτη αναφέρεται σε μακροχρόνιο επίπεδο, αφορά το χρονικό διάστημα από 1^η Ιανουαρίου 2002 έως 1^η Ιανουαρίου 2022 και θα χρησιμοποιήσει μοντέλα GARCH τα οποία εξειδικεύονται στον προσδιορισμό της μεταβλητότητας διαφόρων οικονομικών σειρών.

2.Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Το φαινόμενο της μετάδοσης(spillover effect) μελετήθηκε από πολλούς ερευνητές και αναφέρεται στην αλληλεπίδραση των οικονομιών και κατά πόσο μεταβολές που αφορούν οικονομικά μεγέθη στην οικονομία μιας χώρας μπορούν να μεταδοθούν και να επηρεάσουν την παγκόσμια οικονομία. Η διεθνής χρηματοπιστωτική κρίση του 2008 αποτελεί το σημαντικότερο παράδειγμα του φαινομένου της διάχυσης, καθώς η κατάρρευση του επενδυτικού οίκου Lehman Brothers στη Νέα Υόρκη έφερε την παγκόσμια οικονομία αντιμέτωπη με τη χειρότερη χρηματοπιστωτική κρίση των τελευταίων δεκαετιών.

Μία από τις σημαντικότερες έρευνες ήταν αυτή των Koutmos και Booth(1995), οι οποίοι διερεύνησαν το φαινόμενο της μετάδοσης(spillover effect) ανάμεσα στα χρηματιστήρια της Νέας Υόρκης, του Λονδίνου και του Τόκιο χρησιμοποιώντας ως σημείο αναφοράς την παγκόσμια χρηματοπιστωτική κρίση που έλαβε χώρα στις 19 Οκτωβρίου του 1987 και έμεινε γνωστή ως “Μαύρη Δευτέρα”. Στην έρευνα τους, οι Koutmos και Booth χρησιμοποίησαν το μοντέλο μεταβλητότητας EGarch, καθώς επίσης έλαβαν υπόψη τον παράγοντα ασυμμετρίας με σκοπό να παρατηρήσουν τις κινήσεις των παραπάνω αγορών ανάλογα με τη φύση των πληροφοριών(θετική- αρνητική). Έφτασαν στο συμπέρασμα ότι κυρίως μετά την κρίση του 1987 η εμφάνιση “κακών νέων” στο χρηματιστήριο του Τόκιο ασκεί πιο έντονη επιρροή στα χρηματιστήρια της Νέας Υόρκης και του Λονδίνου.

Το τέλος της δεκαετίας του '90 και η αρχή της δεκαετίας του 2000 ήταν αρκετά κρίσιμη περίοδος για την Ευρώπη. Η παγκοσμιοποίηση, η σύγκλιση ευρωπαϊκών οικονομιών καθώς και η δημιουργία της Ευρωζώνης αποτέλεσαν αφορμή για τη μελέτη των Billio και Pelizzon (2003), στην οποία χρησιμοποιήθηκαν πολυμεταβλητά μοντέλα εναλλασσόμενης τάσης (switching regime model) με σκοπό τη μελέτη της διάχυσης της μεταβλητότητας ανάμεσα σε έναν σταθμισμένο παγκόσμιο δείκτη και σε πέντε ευρωπαϊκές χώρες (Ισπανία, Γερμανία, Ιταλία, Γαλλία και Ηνωμένο Βασίλειο). Με βάση τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης, μετά το 1998 και την είσοδο του ευρώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση παρατηρείται αύξηση στη διάχυση της μεταβλητότητας στη Γαλλία και στη Γερμανία, σε σύγκριση με την περίοδο που οι χώρες είχαν τα δικά τους νομίσματα. Όσον αφορά την Ιταλία, παρατηρείται σταθεροποίηση του δείκτη του ιταλικού χρηματιστηρίου μετά τη δημιουργία της Οικονομικής και Νομισματικής Ένωσης.

Η Ng(2000) ερεύνησε τους παράγοντες που συμβάλλουν στη διάχυση της μεταβλητότητας από ισχυρά βιομηχανικές χώρες, Ιαπωνία και Ηνωμένες Πολιτείες, προς 6 αναπτυσσόμενες χώρες(Χονγκ Κονγκ, Κορέα, Μαλαισία, Ταιβάν, Σιγκαπούρη, Ταϊλάνδη) που ανήκουν στη Λεκάνη του Ειρηνικού(Pacific Basin). Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η μία εκ των δύο βιομηχανικών χωρών, η Ιαπωνία, ανήκει στην ευρύτερη περιοχή Pacific Basin, έτσι ώστε να μελετηθεί ξεχωριστά η επίδραση των περιφερειακών αλλαγών (Ιαπωνία) και των παγκόσμιων (ΗΠΑ). Η Ng έφτασε στο συμπέρασμα ότι η

επιρροή της παγκόσμιας αγοράς των Ηνωμένων Πολιτειών στη διακύμανση των χρηματιστηριακών δεικτών των παραπάνω αναπτυσσόμενων χωρών είναι εντονότερη από την επιρροή της Ιαπωνικής αγοράς.

Οι Abbas , Khan και Ali Shah(2013) εξέτασαν τη διάχυση της μεταβλητότητας στην περιοχή της Ασίας και συγκεκριμένα στις εξής χώρες: Κίνα, Πακιστάν, Σρι- Λάνκα και Ινδία, χρησιμοποιώντας διμεταβλητό μοντέλο EGARCH. Η συγκεκριμένη έρευνα ήταν σημαντικό να αναφερθεί, καθώς καταρρίπτει το ενδεχόμενο η μετάδοση της μεταβλητότητας να αποθαρρύνεται από πολιτικές συγκρούσεις και εχθρικές σχέσεις μεταξύ των χωρών, εντοπίζοντας την ύπαρξη διάχυσης μεταβλητότητας από την Ινδία προς το Πακιστάν, αλλά και αντιστρόφως. Ο παραπάνω ισχυρισμός επιβεβαιώνεται και με την απώλεια ύπαρξης μεταβλητότητας στο ζευγάρι χωρών Κίνα-Πακιστάν, χώρες οι οποίες παρά την μεταξύ τους αλληλοϋποστήριξη σε πολιτικοκοινωνικά ζητήματα, δεν έχουν αναπτύξει ισχυρές εμπορικές σχέσεις.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η έρευνα των Diebold και Yilmaz(2019) οι οποίοι χρησιμοποιώντας ημερήσια δεδομένα 7 ανεπτυγμένων και 12 αναπτυσσόμενων χρηματιστηριακών αγορών δημιουργούν έναν ποσοτικό τρόπο μέτρησης της μεταβλητότητας, έναν δείκτη διάχυσης (spillover index). Στην ανάλυση λαμβάνονται υπόψη γεγονότα σταθμοί στην οικονομική ιστορία, τα οποία συνέβαλαν σε μεγάλο βαθμό στο φαινόμενο της μετάδοσης και μεταβλητότητας των χρηματιστηριακών μονάδων ανά τον κόσμο. Η τρομοκρατική επίθεση στις ΗΠΑ την 11^η Σεπτεμβρίου του 2001, η ρωσική συναλλαγματική κρίση το καλοκαίρι του 1998 καθώς και η πτώση του εθνικού νομίσματος της Βραζιλίας το 1999 αποτελούν ορισμένα παραδείγματα.

Το φαινόμενο της μετάδοσης σε παγκόσμιο επίπεδο εξετάζουν και οι Sakthivel, Bodkhe και Kamaiah (2012) , οι οποίοι χρησιμοποιώντας διμεταβλητό μοντέλο GARCH εξετάζουν τη διάδοση της μεταβλητότητας ανάμεσα στην αγορά των Ηνωμένων Πολιτειών, του Ηνωμένου Βασιλείου, της Ινδίας, της Αυστραλίας και της Ιαπωνίας από το 1998 έως το 2011. Η μελέτη τονίζει ότι η έλλειψη αλληλεξάρτησης μπορεί να βοηθήσει τις αναδυόμενες οικονομίες να σταθεροποιηθούν και να αναπτυχθούν. Αντιθέτως, η ύπαρξη αλληλεξάρτησης μπορεί να αποβεί μοιραία για τις αναδυόμενες οικονομίες, καθώς ένα μικρό σοκ στην παγκόσμια αγορά μπορεί να προκαλέσει σημαντικές διακυμάνσεις στις πιο ευάλωτες οικονομίες. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ύπαρξη του φαινομένου μετάδοσης της μεταβλητότητας από την Ιαπωνία και το Ηνωμένο Βασίλειο στην Ινδία, καθώς και της ύπαρξης διάχυσης από τις Ηνωμένες Πολιτείες προς την Ινδία και αντιστρόφως. Η τελευταία σχέση αλληλεξάρτησης ανάμεσα στις Ηνωμένες Πολιτείες και στην Ινδία ήταν αναμενόμενη, οι δύο αυτές χώρες έχουν αναπτύξει ισχυρές κοινωνικές και εμπορικές σχέσεις.

Οι Gjerde και Sættem (1995) έχοντας ως στόχο την έρευνα ύπαρξης αλληλένδετης σχέσης ανάμεσα στα χρηματιστήρια χρησιμοποίησαν καθημερινές αποδόσεις 10 χρηματιστηριακών δεικτών (Ιαπωνίας, Γερμανίας, Ελβετίας, Γαλλίας, Ιταλίας, Ηνωμένου Βασιλείου, Σουηδίας, Δανίας, Νορβηγίας και Ηνωμένων Πολιτειών) για τα έτη 1983 έως 1994. Η μελέτη χωρίζει τις δέκα αυτές χώρες σε δύο ομάδες: η μία αποτελείται από τις οκτώ ευρωπαϊκές αγορές και η δεύτερη αφορά τις χρηματιστηριακές αγορές των

Ηνωμένων Πολιτειών και της Ιαπωνίας. Με τη χρήση πολυμεταβλητού υποδείγματος VAR καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η αμερικανική αγορά χρηματιστηρίου ασκεί σημαντική επιρροή σε όλες τις ευρωπαϊκές χώρες, πλην της Ιταλίας. Όσον αφορά την αντίθετη περίπτωση τα ευρωπαϊκά χρηματιστήρια δεν φαίνεται να ασκούν επιρροή στις χρηματιστηριακές αγορές των Ηνωμένων Πολιτειών και της Ιαπωνίας. Ένα ακόμα ενδιαφέρον συμπέρασμα που προκύπτει από την συγκεκριμένη έρευνα είναι το πόσο γρήγορα(την ίδια ή την επόμενη ημέρα) ένα σοκ στο χρηματιστήριο των Ηνωμένων Πολιτειών αντικατοπτρίζεται στα ευρωπαϊκά χρηματιστήρια, δείχνοντας ότι η χρηματιστηριακή αγορά της Αμερικής κινεί τα νήματα σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η ενότητα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης θα ολοκληρωθεί με την έρευνα των Yousaf, Ali και Wong (2020), οι οποίοι χρησιμοποιώντας το οικονομετρικό υπόδειγμα BEKK-GARCH μελέτησαν τη διάχυση της μεταβλητότητας από τις ισχυρές χρηματαγορές των Ηνωμένων Πολιτειών και της Κίνας προς αναπτυσσόμενες χώρες της Λατινικής Αμερικής (Βραζιλία, Περού, Χιλή και Μεξικό) λαμβάνοντας ως σημεία αναφοράς την χρηματοπιστωτική κρίση του 2008 και την κρίση του χρηματιστηρίου της Κίνας το 2015. Τα αποτελέσματα καταλήγουν σε μονόπλευρη διάχυση μεταβλητότητας από τις Ηνωμένες Πολιτείες προς τις τέσσερις χώρες της Λατινικής Αμερικής καθ' όλη τη διάρκεια του δείγματος, εκτός από την περίοδο της παγκόσμιας χρηματοπιστωτικής κρίσης του 2008. Όσον αφορά την χρηματιστηριακή αγορά της Κίνας, η έρευνα καταλήγει σε μονόπλευρη διάχυση μεταβλητότητας από την κινέζικη αγορά στις χώρες της Λατινικής Αμερικής. Το παραπάνω αποτέλεσμα αποτελεί σημαντική πληροφορία για επενδυτές και διαχειριστές χαρτοφυλακίων καθώς καθιστά την Κίνα σημαντικό παράγοντα πρόβλεψης των αγορών των τεσσάρων χωρών της Λατινικής Αμερικής.

3.Εμπειρική Ανάλυση

3.1 Περιγραφή Δεδομένων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η παρούσα εργασία μελετά το φαινόμενο της μετάδοσης της μεταβλητότητας ανάμεσα σε 7 ισχυρά χρηματιστήρια και συγκεκριμένα των χωρών που συντελούν το πολιτικό φόρουμ Group of Seven(Καναδάς, Γαλλία, Ιταλία, Γερμανία, Ιαπωνία, Ηνωμένο Βασίλειο, Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής). Τα δεδομένα είναι ημερήσια και η περίοδος ανάλυσης ξεκινά από την 01/01/2002 έως και την 01/01/2022. Οι ημερήσιες τιμές κλεισίματος των παραπάνω χρηματιστηριακών δεικτών μετοχών αντλήθηκαν από τις ιστοσελίδες finance.yahoo.com και wsj.com.

Εκτός από τις ημερήσιες τιμές κλεισίματος των επτά χρηματιστηριακών αγορών θα χρησιμοποιηθούν και οι αντίστοιχες αποδόσεις τους, οι οποίες ορίζονται ως εξής:

$$R_t = \log P_t - \log P_{t-1}$$

Όπου, P_t : η τιμή της μετοχής τη στιγμή t και P_{t-1} : η τιμή της μετοχής τη στιγμή $t-1$.

Οι χρηματιστηριακοί δείκτες οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής: S&P-TSX (Καναδάς), CAC-40 (Γαλλία), FTSE-MIB 100 (Ιταλία), DAX (Γερμανία), NIKKEI- 225 (Ιαπωνία), FTSE-100 (Ηνωμένο Βασίλειο) και NASDAQ (Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής). Η μελέτη πραγματοποιείται στα 21 ζευγάρια των παραπάνω χωρών, τα οποία δημιουργήθηκαν μετά από όλους τους πιθανούς συνδυασμούς.

Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε στο οικονομετρικό πρόγραμμα Eviews 10.

3.2 Μεθοδολογία

Έλεγχοι Μοναδιαίας Ρίζας

Πρώτο βήμα στην εμπειρική ανάλυση της παρούσας εργασίας αποτελεί ο Έλεγχος Μοναδιαίας Ρίζας (Unit Root Test), καθώς για τη δημιουργία μοντέλων Garch απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη στασιμότητας στη μεταβλητή που θα μελετηθεί. Για την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας χρησιμοποιήθηκε ο επαυξημένος έλεγχος Dickie Fuller (ADF), καθώς και ο έλεγχος μοναδιαίας ρίζας των Phillips και Perron στους οποίους χρησιμοποιήθηκαν και σταθερός όρος και τάση καθώς βρέθηκαν στατιστικά σημαντικοί.

Ο επαυξημένος έλεγχος Dickey-Fuller (ADF)

Κύριος στόχος των ελέγχων μοναδιαίας ρίζας είναι να εντοπίσουν εάν οι χρονοσειρές επηρεάζονται από βραχυχρόνια ή μακροχρόνια σοκ. Οι συγκεκριμένοι έλεγχοι εξετάζουν εάν οι μεταβλητές είναι στάσιμες ή μη-στάσιμες σε μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Εάν στον έλεγχο εντοπιστεί μοναδιαία ρίζα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η σειρά είναι μη-στάσιμη. Η απουσία μοναδιαίας ρίζας και κατά συνέπεια η ύπαρξη στασιμότητας υποδηλώνουν ότι μία αλλαγή στην αρχή μετρήσεως του χρόνου δεν επηρεάζει την κατανομή και τις ιδιότητες της χρονοσειράς. Αντιθέτως, η ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας και κατά συνέπεια η απουσία στασιμότητας υποδηλώνει ότι η διακύμανση και οι ιδιότητες της μεταβλητής παρουσιάζουν εξάρτηση από τον χρόνο, ενώ παράλληλα είναι ευεπηρεάστες στις μεταβολές της αγοράς (Glynn et al., 2007). Ο επαυξημένος έλεγχος Dickey-Fuller (ADF) θεωρεί ως υπόθεση μηδέν την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας ενώ η απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης δηλώνει την απουσία της. Η στατιστική-t στον έλεγχο ADF υπολογίζεται από το παρακάτω μοντέλο:

$$\Delta y_t = \beta_0 + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 t + \sum_{j=1}^p \gamma_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Να σημειωθεί ότι στην παραπάνω εξίσωση περιλαμβάνεται και σταθερός όρος και τάση, καθώς στο οικονομετρικό υπόδειγμα της παρούσας μελέτης βρέθηκαν και οι δύο παράγοντες στατιστικά σημαντικοί. Για να εξηγήσουμε την εξίσωση (1) του επαυξημένου ελέγχου Dickey-Fuller (ADF) θα πρέπει πρώτα να αναφερθούμε στις εξισώσεις του αρχικού ελέγχου Dickey-Fuller, ο οποίος εξετάζει την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας σε αυτοπαλίνδρομα υποδείγματα πρώτης τάξης AR(1), σε αντίθεση με τον επαυξημένο έλεγχο ο οποίος εξετάζει αυτοπαλίνδρομα υποδείγματα τάξης μεγαλύτερης

της μονάδας με σκοπό την εξάλειψη της αυτοσυσχέτισης των καταλοίπων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε τις εξής εξισώσεις :

$$y_i = \alpha y_{i-1} + \varepsilon_i \quad (2)$$

και

$$\Delta y_i = \beta y_{i-1} + \varepsilon_i \quad (3)$$

Οι υποθέσεις του ελέγχου Dickey-Fuller είναι οι παρακάτω:

$$H_0 : \beta=0 \ (\alpha=1, \text{ το μοντέλο έχει μοναδιαία ρίζα})$$

$$H_1 : \beta<0 \ (\alpha<1, \text{ το μοντέλο δεν έχει μοναδιαία ρίζα})$$

Η στατιστική-t στον έλεγχο Dickey-Fuller προκύπτει από το εξής μοντέλο(θεωρούμε στατιστικά σημαντική την ύπαρξη σταθερού όρου και τάσης):

$$\Delta y_i = \beta_0 + \beta_1 y_{i-1} + \beta_2 t + \varepsilon_i \quad (4)$$

Phillips-Perron Test (PP Test)

Ο δεύτερος έλεγχος μοναδιαίας ρίζας που πραγματοποιείται στην εργασία είναι ο έλεγχος Phillips-Perron. Ο συγκεκριμένος έλεγχος εξετάζει εάν οι χρονολογικές σειρές είναι στάσιμες ή μη-στάσιμες και αποτελεί μία ακόμα παραλλαγή του αρχικού ελέγχου Dickie-Fuller, στην οποία οι Phillips και Perron χρησιμοποιούν μη-παραμετρικές στατιστικές μεθόδους με σκοπό την εξάλειψη της αυτοσυσχέτισης των καταλοίπων. Ο έλεγχος Phillips-Perron θεωρεί ως υπόθεση μηδέν την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας(η σειρά είναι μη-στάσιμη), ενώ η απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης δηλώνει την απουσία της(η σειρά είναι στάσιμη).

Η προσέγγιση των Phillips και Perron(1988),στην οποία χρησιμοποιείται τάση και σταθερός όρος, στηρίζεται στο παρακάτω υπόδειγμα παλινδρόμησης(Lee και Mossi,1996):

$$\Delta y_i = \beta + \delta t + \alpha y_{i-1} + \varepsilon_i \quad (5)$$

Οι υποθέσεις του ελέγχου Phillips-Perron είναι οι παρακάτω:

$$H_0 : \alpha=0 \ (\text{ το μοντέλο έχει μοναδιαία ρίζα})$$

$$H_1 : \alpha<0 \ (\text{ το μοντέλο δεν έχει μοναδιαία ρίζα})$$

Στα αποτελέσματα της επόμενης ενότητας θα παρατηρήσουμε ότι στα επίπεδα η σειρά είναι μη στάσιμη, συνεπώς για την ανάλυση χρησιμοποιούμε τις πρώτες διαφορές λογαρίθμων των τιμών των παραπάνω αποδόσεων.

Έλεγχος Ετεροσκεδαστικότητας καταλοίπων

Στην συνέχεια προχωρήσαμε στον Έλεγχο Ετεροσκεδαστικότητας ARCH με σκοπό να διαπιστώσουμε αν τα κατάλοιπα είναι ομοσκεδαστικά (ARCH effect), απαραίτητο βήμα για τη χρήση μοντέλων Garch.

Engle's ARCH test

Το 1982 ο Robert Engle πρότεινε το μοντέλο ARCH (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity) στην προσπάθειά του να μελετήσει τη διακύμανση του πληθωρισμού της Μεγάλης Βρετανίας. Στόχος του συγκεκριμένου υποδείγματος είναι η μοντελοποίηση της δεσμευμένης διακύμανσης και στηρίζεται στην υπόθεση ότι η μεταβολή της διακύμανσης του διαταρακτικού όρου εξαρτάται από τη μεταβλητότητα του στο παρελθόν. Εάν δεν υπάρχουν ARCH effects συνεπώς τα κατάλοιπα είναι ομοσκεδαστικά η διακύμανση τους δεν μπορεί να προβλεφθεί. Αντιθέτως, εάν υπάρχει ένδειξη για ARCH effects τότε το τετράγωνο των καταλοίπων θα εξαρτάται από παρελθοντικές τιμές του τετραγώνου των καταλοίπων (Bollerslev et al., 1994).

Η παραπάνω υπόθεση αντικατοπτρίζεται στο εξής υπόδειγμα:

$$u^2_t = b_0 + b_1 u^2_{t-1} + b_2 u^2_{t-2} + b_3 u^2_{t-3} + \dots + b_q u^2_{t-q} + e_t \quad (6)$$

Όπου q ο αριθμός των προηγούμενων περιόδων.

Ο συγκεκριμένος έλεγχος βασίζεται στη διαδικασία των πολλαπλασιαστών Lagrange. Η στατική του πολλαπλασιαστή Lagrange LM (Lagrange Multiplier) υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$LM_{ARCH} = (T - p) * R^2 \sim X^2_{(p)} \quad (7)$$

Όπου:

T: ο αριθμός των παρατηρήσεων,

p: ο αριθμός των υστερήσεων των καταλοίπων και

R²: ο συντελεστής προσδιορισμού της βοηθητικής

Παρακάτω αναγράφονται οι υποθέσεις του παραπάνω υποδείγματος:

H₀: b₁= b₂= ...=b_q=0 (Δεν υπάρχει υπόδειγμα ARCH-τα κατάλοιπα είναι ομοσκεδαστικά)

H₁: b₁≠0 ή b₂ ≠0 ή ...b_q≠0 (Τουλάχιστον ένα b_q ≠0- Υπάρχει υπόδειγμα ARCH- τα κατάλοιπα παρουσιάζουν ετεροσκεδαστικότητα)

Μοντέλο Διακύμανσης GARCH

Το μοντέλο Garch το οποίο χρησιμοποιήθηκε για να αναλυθεί η διάχυση της μεταβλητότητας είναι το BEKK-GARCH. Το οικονομετρικό πρόγραμμα EViews 10 το οποίο χρησιμοποιείται στη συγκεκριμένη μελέτη εξετάζει το υπόδειγμα BEKK με διαγώνιο τρόπο, κατά συνέπεια στα αποτελέσματα δεν μας δίνει τους συντελεστές συνδιακύμανσης οι οποίοι εξηγούν τη σχέση ανάμεσα στα 21 ζευγάρια χωρών. Οι συγκεκριμένοι συντελεστές θα υπολογιστούν με έναν απλό πολλαπλασιασμό μετά το πέρας της οικονομετρικής μελέτης.

Μοντέλο μεταβλητότητας BEKK-GARCH

Το μοντέλο BEKK-GARCH χρησιμοποιείται στην πλειονότητα των εργασιών που μελετούν τη διάχυση της μεταβλητότητας, είτε στην κανονική είτε στην απλοποιημένη μορφή του (διαγώνιο BEKK-GARCH). Το μοντέλο BEKK-GARCH εισήχθη στην οικονομική επιστήμη το 1990 από τους Baba, Engle, Kraft και Kroner, ενώ το 1995 παρουσιάστηκε η εξελιγμένη μορφή του από τους Engle και Kroner. Ένας από τους λόγους που το συγκεκριμένο μοντέλο είναι τόσο δημοφιλές στις εργασίες που ερευνούν τα φαινόμενα μετάδοσης της μεταβλητότητας στις χρηματαγορές είναι η διατύπωση της εξίσωσης της συνδιακύμανσης, η οποία εξασφαλίζει την ύπαρξη θετικά ορισμένου πίνακα διακύμανσης-συνδιακύμανσης, ενώ παράλληλα διευκολύνει τη μελέτη καθώς στη διατύπωσή του χρησιμοποιούνται λιγότερες παράμετροι συγκριτικά με άλλα μοντέλα, παραδείγματος χάρι συγκριτικά με το μοντέλο VEC-GARCH (Indryani et al., 2021).

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το οικονομετρικό πακέτο Eviews, στο οποίο το μοντέλο BEKK-GARCH υπολογίζεται με διαγώνιο τρόπο, το διαγώνιο μοντέλο BEKK-GARCH αποτελεί μία απλοποιημένη μορφή του αρχικού.

Η εξίσωση του πίνακα διακυμάνσεων-συνδιακυμάνσεων του τυχαίου όρου της εξίσωσης των αποδόσεων του δείκτη μετοχών έχει ως εξής (Efimova και Serletis, 2014):

$$Q_t = CC' + AE_{t-1} E'_{t-1} A' + BQ_{t-1} B' + D(E_{t-1} (E_{t-1} < 0)) (E_{t-1} (E_{t-1} < 0))' D' \quad (8)$$

Όπου A και B είναι διαγώνιοι πίνακες NxN παραμέτρων, E_{t-1} μία Nx1 μήτρα καταλοίπων, ενώ είναι απαραίτητο ο πίνακας A να είναι θετικά ορισμένος (N είναι ο αριθμός των μεταβλητών, στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιούνται διμεταβλητά υποδείγματα BEKK συνεπώς το N ισούται με 2) (Allen και McAleer, 2018).

Στο συγκεκριμένο διμεταβλητό υπόδειγμα οι μήτρες A, B και D ορίζονται ως 2×2 , συνεπώς:

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{bmatrix} \quad \text{και} \quad D = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} \\ D_{21} & D_{22} \end{bmatrix}$$

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στο οικονομετρικό πακέτο Eviews το μοντέλο BEKK-GARCH υπολογίζεται με διαγώνιο τρόπο, συνεπώς οι συντελεστές που υπολογίζονται

αποτελούν τα διαγώνια στοιχεία των πινάκων A και B που αναφέρονται στην εξίσωση (8). Για το σκοπό της παρούσας εργασίας χρειάζεται να υπολογίσουμε και τους συντελεστές των μεταβλητών στις διακυμάνσεις καθώς και το συντελεστή της συνδιακύμανσης. Οι παραπάνω συντελεστές (διακύμανση 1^{ης} χώρας: h_{11} , διακύμανση 2^{ης} χώρας: h_{22} και συνδιακύμανση: h_{12}) υπολογίζονται από τις παρακάτω τρεις εξισώσεις:

$$h_{11} = \alpha_{11}^2 \varepsilon_{1t-1}^2 + b_{11}^2 h_{11t-1} + d_{11}^2 \varepsilon_{1t-1}^2 I \quad (9)$$

$$h_{22} = \alpha_{22}^2 \varepsilon_{2t-1}^2 + b_{22}^2 h_{22t-1} + d_{22}^2 \varepsilon_{2t-1}^2 I \quad (10)$$

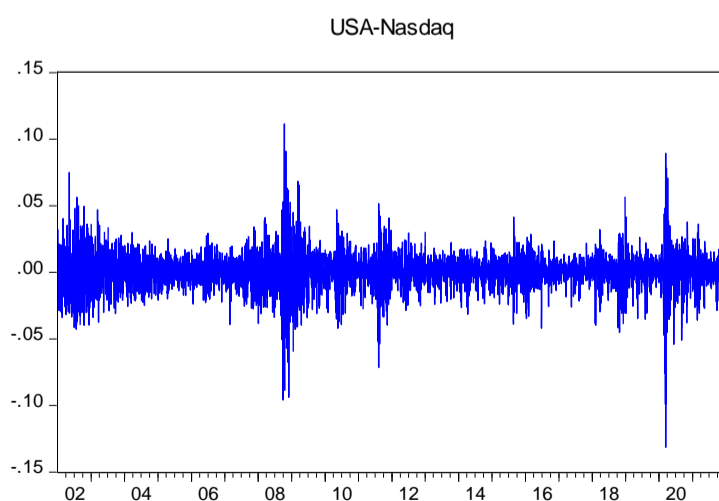
$$h_{12} = \alpha_{11}\alpha_{22} \varepsilon_{1t-1} \varepsilon_{2t-1} + b_{11}b_{22} h_{12t-1} + d_{11}d_{22} \varepsilon_{1t-1} \varepsilon_{2t-1} I \quad (11) ,$$

όπου I: ψευδομεταβλητή των καταλοίπων. Όταν $I=1$ τα κατάλοιπα έχουν αρνητικό πρόσημο (<0), ενώ όταν $I=0$ τα κατάλοιπα δεν έχουν αρνητικά πρόσημο (Efimova και Serletis, 2014). Στις παραπάνω εξισώσεις παρατηρείται ότι οι διακυμάνσεις και η συνδιακύμανση των μεταβλητών εξαρτώνται από τις προηγούμενες τιμές των τυχαίων όρων καθώς και των διακυμάνσεων- συνδιακύμανσης αντίστοιχα.

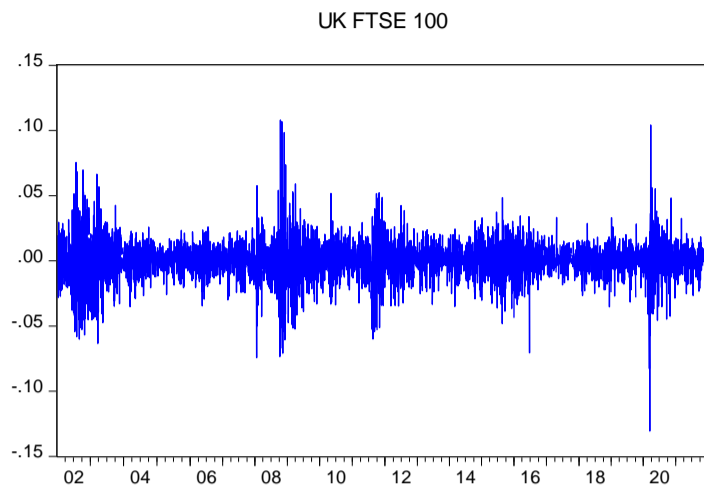
Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στη συγκεκριμένη εργασία λαμβάνεται υπόψη και η πιθανή ασυμμετρία με τη χρήση του υποδείγματος TARARCH. Ο πίνακας D της εξίσωσης (8) λαμβάνει υπόψη του τα αρνητικά σοκ. Εάν D στατιστικά σημαντικό ένα αρνητικό σοκ θα προκαλέσει μεγαλύτερη αύξηση της μεταβλητότητας σε μία χρονοσειρά από ένα θετικό σοκ αντίστοιχης βαρύτητας. Αντιθέτως, εάν D στατιστικά μη σημαντικό, θετικά και αρνητικά σοκ επηρεάζουν με τον ίδιο τρόπο τη διακύμανση της χρονοσειράς. Ο συντελεστής ασυμμετρίας χρησιμοποιήθηκε στα 18 από τα 21 ζεύγη χωρών. Στα εξής ζευγάρια: Καναδάς-Ιαπωνία, Γαλλία-Ιαπωνία και Γαλλία- Ηνωμένο Βασίλειο ο συντελεστής ασυμμετρίας ήταν στατιστικά μη σημαντικός και παραλείφθηκε.

4. Αποτελέσματα

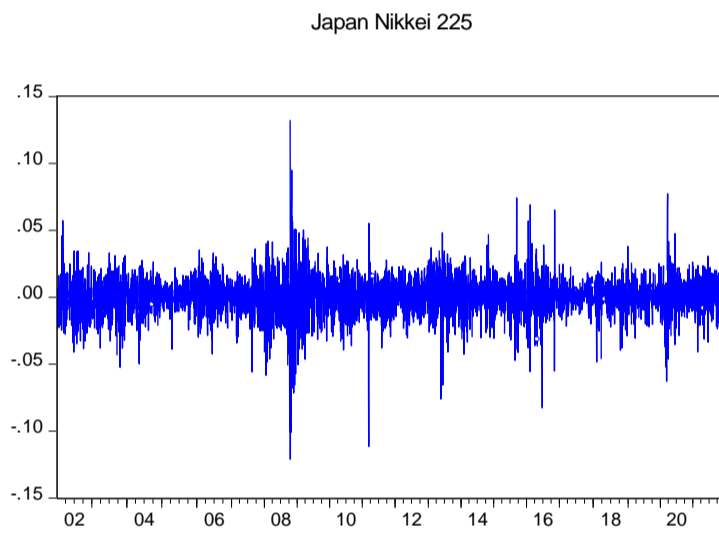
Αρχικά στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η μεταβλητότητα των αποδόσεων των 7 χρηματιστηριακών δεικτών που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία.



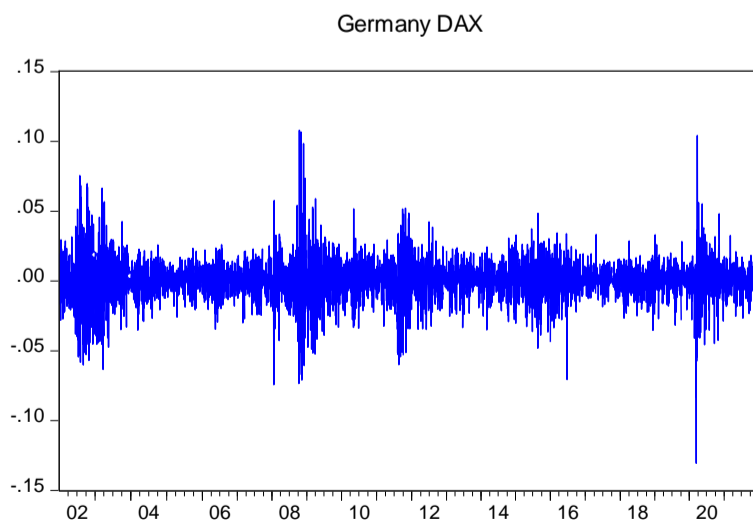
Διάγραμμα 1. Αποδόσεις δείκτη Nasdaq(2002-2022)



Διάγραμμα 2. Αποδόσεις δείκτη FTSE100(2002-2022)

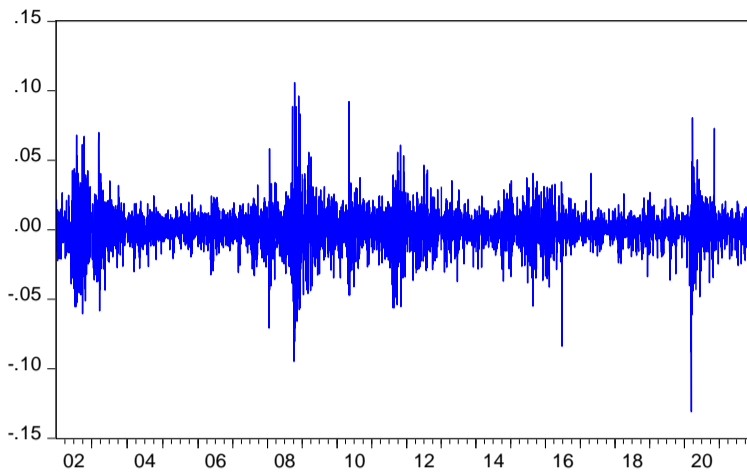


Διάγραμμα 3. Αποδόσεις δείκτη Nikkei 225(2002-2022)



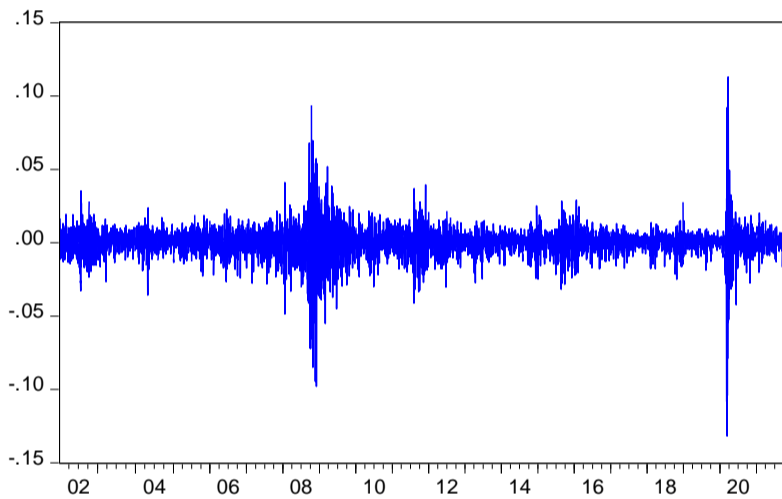
Διάγραμμα 4. Αποδόσεις δείκτη DAX(2002-2022)

France CAC 40



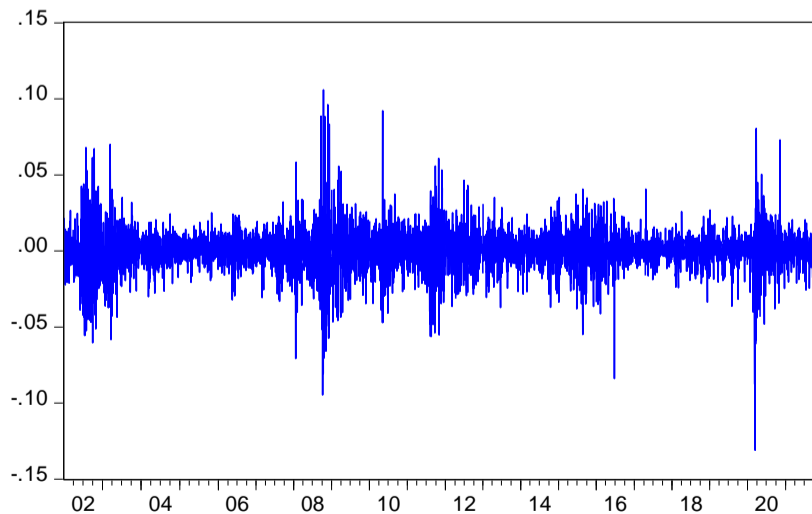
Διάγραμμα 5. Αποδόσεις δείκτη CAC40(2002-2022)

Canada S&P TSX



Διάγραμμα 6. Αποδόσεις δείκτη S&P TSX(2002-2022)

Italy FTSE MIB 100



Διάγραμμα 7. Αποδόσεις δείκτη FTSE MIB 100(2002-2022)

Ο Πίνακας 1. παρουσιάζει τα περιγραφικά στατιστικά των χρηματιστηριακών αποδόσεων των 7 χωρών της συγκεκριμένης εργασίας. Η τυπική απόκλιση των 7 χωρών κινείται στα ίδια επίπεδα, κάτι το οποίο δείχνει ότι παρουσιάζουν παρόμοια επίπεδα μεταβλητότητας. Ο δείκτης Skewness, αποτελεί μέτρο ασυμμετρίας και είναι και στις 7 χώρες μικρότερος του μηδενός, υποδηλώνοντας απόκλιση από την κανονική κατανομή (η οποία όσον αφορά το δείκτη ασυμμετρίας Skewness είναι μηδέν). Μία ακόμα ένδειξη απόκλισης από την κανονική κατανομή αποτελεί και ο δείκτης κύρτωσης, ο οποίος σε όλες τις χώρες αποκλίνει από την τιμή 3 (κανονική κατανομή). Στον Καναδά, την Γαλλία, την Γερμανία, το Ηνωμένο Βασίλειο και τις Ηνωμένες Πολιτείες οι δείκτες κύρτωσης είναι μικρότεροι του 3 συνεπώς πρόκειται για πλατύκυρτες κατανομές, ενώ αντίθετα οι δείκτες κύρτωσης της Ιταλίας και της Ιαπωνίας είναι μεγαλύτερες του 3 καθιστώντας την κατανομή λεπτόκυρτη. Τέλος αξίζει να σημειωθούν τα αποτελέσματα του τεστ Jarque-Bera, σύμφωνα με τα οποία η υπόθεση μηδέν H_0 ύπαρξης κανονικής κατανομής απορρίπτεται (το probability είναι μηδενικό σε όλες τις μεταβλητές), και κατά συνέπεια οι σειρές των αποδόσεων των 7 χωρών δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.

	CANADA	FRANCE	GERMANY	ITALY	JAPAN	UK	USA
Mean	0.000199	7.36E-05	0.000229	-4.30E-05	0.000201	5.91E-05	0.000421
Median	0.000745	0.000465	0.000836	0.000746	0.000562	0.000234	0.001034
Maximum	0.112945	0.105946	0.120559	0.108769	0.132346	0.093843	0.111594
Minimum	-0.131758	-0.130983	-0.130549	-0.133314	-0.121110	-0.115124	-0.131492
Std. Dev.	0.010949	0.014399	0.014680	0.015322	0.014632	0.011893	0.013992
Skewness	-1.008.197	-0.220148	-0.152144	-0.385383	-0.408540	-0.312320	-0.358932
Kurtosis	2.309.727	1.030.265	1.010.440	9.274.232	9.936.953	1.175.366	1.014.406
Jarque-Bera	82494.14	10822.70	10224.68	8.080.259	9.865.529	15573.41	10424.43
Probability	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Sum	0.964057	0.357134	1.109.240	-0.208762	0.973944	0.286601	2.040.924
Sum Sq. Dev.	0.581653	1.006.025	1.045.624	1.139.059	1.038.738	0.686241	0.949855

Πίνακας 1. Περιγραφικά στατιστικά των χρηματιστηριακών αποδόσεων των G7

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ελέγχου μοναδιαίας ρίζας για τον οποίο χρησιμοποιήθηκε ο επαυξημένος έλεγχος Dickie Fuller (ADF). Στον συγκεκριμένο έλεγχο η Υπόθεση Μηδέν (H_0) θεωρεί την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας, συνεπώς μη-στασιμότητας, ενώ η Εναλλακτική Υπόθεση (H_1) θεωρεί ότι δεν υφίσταται μοναδιαία ρίζα, συνεπώς η σειρά μας είναι στάσιμη. Οι έλεγχοι μεταβλητότητας Garch θεωρούν δεδομένη τη στασιμότητα, συνεπώς δεν μπορεί να διεξαχθεί έλεγχος Garch σε μη-στάσιμες οικονομικές σειρές. Στα αποτελέσματα του Πίνακα 2 παρατηρούμε ότι οι τιμές των μετοχών των G7 είναι μη-στάσιμες στα επίπεδα (στήλη At Level) και στάσιμες στις πρώτες διαφορές τους (στήλη At First Difference). Στη δεύτερη στήλη στην οποία χρησιμοποιούνται ως δεδομένα οι αποδόσεις των χρηματιστηριακών δεικτών (οι πρώτες διαφορές λογαρίθμων των τιμών κλεισίματος) παρατηρούμε ότι η Υπόθεση Μηδέν (H_0)

απορρίπτεται, καθώς το p-value είναι μικρότερο του 5%. Το αποτέλεσμα αυτό καθιστά τις σειρές μας στάσιμες και κατά συνέπεια ιδανικές για τη χρήση μοντέλων μεταβλητότητας Garch.

Unit Root Test ADF	At Level	At First Difference
<i>statistic(p-value)</i>		
CANADA	-0.721715(0.8395)	-26.55492(0.0000)
FRANCE	-1.138352(0.7027)	-73.39826(0.0001)
GERMANY	-0.159147(0.9411)	-72.29144(0.0001)
ITALY	-1.822329(0.3700)	-73.70498(0.0001)
JAPAN	-0.194885(0.9367)	-70.90280(0.0001)
UK	-2.010450(0.2825)	-28.01995(0.0000)
USA	3.402991(1.000)	-78.43293(0.0001)

Πίνακας 2. Αποτελέσματα ελέγχου μοναδιαίας ρίζας ADF στους δείκτες μετοχών των παραπάνω χωρών.
*Σημείωση: Ο βέλτιστος αριθμός υστερήσεων επιλέχθηκε με βάση το κριτήριο SIC *Οι κριτικές τιμές της στατιστικής t σε επίπεδα σημαντικότητας 1%,5% και 10% είναι -2,57 , -1,94 και -1,61 αντίστοιχα.

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου μοναδιαίας ρίζα Phillips-Perron. Στο συγκεκριμένο έλεγχο, όπως ακριβώς και στον επαυξημένο έλεγχο Dickey-Fuller, η Υπόθεση Μηδέν(H_0) θεωρεί την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας, συνεπώς μη-στασιμότητας, ενώ η Εναλλακτική Υπόθεση(H_1) θεωρεί ότι δεν υφίσταται μοναδιαία ρίζα, συνεπώς η σειρά μας είναι στάσιμη. Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 3 προκύπτει ότι όλες οι μεταβλητές στα επίπεδά τους δεν είναι στάσιμες (αποδεχόμαστε την μηδενική υπόθεση ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας). Στις πρώτες διαφορές υπάρχει ισχυρή στασιμότητα για όλες τις μεταβλητές σε επίπεδο σημαντικότητας 5%(p-value< 0,05 σε όλες τις μεταβλητές), συνεπώς απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας.

Unit Root Test Phillips-Perron	At Level	At First Difference
<i>statistic(p-value)</i>		
CANADA	-2,8722(0,1717)	-74,7483(0,0001)
FRANCE	-2,31283(0,4263)	-71,92328(0,0000)
GERMANY	-3,30589(0,0753)	-70,3540(0,0000)
ITALY	-1,61991(0,7853)	-70,43157(0,0000)
JAPAN	-1,7687(0,7129)	-71,63113(0,0000)
UK	2,02864(0,2746)	-73,0009(0,0001)
USA	1,0894(0,9999)	-77,1464(0,0001)

Πίνακας 3. Αποτελέσματα ελέγχου μοναδιαίας ρίζας Phillips-Perron στους δείκτες μετοχών των παραπάνω χωρών.
*Σημείωση: *Οι κριτικές τιμές της στατιστικής t σε επίπεδα σημαντικότητας 1%,5% και 10% είναι -2,57 , -1,94 και -1,61 αντίστοιχα.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του τεστ Ετεροσκεδαστικότητας, το οποίο εφαρμόστηκε στις αποδόσεις των δεικτών μετοχών των 7 χωρών, καθώς παρουσιάζουν ισχυρή στασιμότητα. Τα αποτελέσματα των Πινάκων 4-10 δείχνουν ότι τα κατάλοιπα της παλινδρόμησης εμφανίζουν Arch effects, συνεπώς συνιστάται να

προχωρήσουμε σε μοντέλα Garch. Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα της μεθοδολογίας η μηδενική υπόθεση του Engle's ARCH test θεωρεί ότι δεν υπάρχει επίδραση ARCH στα κατάλοιπα, τα οποία κατά συνέπεια δεν είναι ετεροσκεδαστικά. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των παρακάτω πινάκων η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται και στις 7 περιπτώσεις, καθώς το p-value είναι στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p\text{-value} < 0.05$).

Στο Παράρτημα της παρούσας εργασίας παρουσιάζονται τα διαγράμματα των καταλοίπων των μεταβλητών που μελετήθηκαν για την ύπαρξη φαινομένων ARCH. Στα συγκεκριμένα διαγράμματα παρατηρούμε την ύπαρξη του φαινομένου volatility clustering (συσσώρευση μεταβλητότητας), κάτι το οποίο συμβάλλει στην επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων για την ύπαρξη φαινομένων ARCH στα κατάλοιπα των μεταβλητών. Οι τιμές φαίνεται να κυμαίνονται γύρω από ένα σταθερό όρο και παράλληλα παρατηρείται ομαδοποίηση στη μεταβλητότητά τους. Οι υψηλές τιμές των καταλοίπων τείνουν να συγκεντρώνονται μαζί, ενώ ομαδοποίηση παρατηρείται και στις χαμηλές τιμές των καταλοίπων. Με βάση τη θεωρία κατά το φαινόμενο volatility clustering, η μεταβλητότητα τείνει να συσχετίζεται θετικά με τη μεταβλητότητα των αμέσως προηγούμενων περιόδων (Brooks, 2008).

Heteroskedasticity Test: ARCH				
F-statistic	806.4996	Prob. F(1,4850)	0.0000	
Obs*R-squared	691.7946	Prob. Chi-Square(1)	0.0000	
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 3 4854				
Included observations: 4852 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	7.42E-05	7.53E-06	9.844921	0.0000
RESID^2(-1)	0.377595	0.013296	28.39894	0.0000
R-squared	0.142579	Mean dependent var	0.000119	
Adjusted R-squared	0.142402	S.D. dependent var	0.000554	
S.E. of regression	0.000513	Akaike info criterion	-12.31181	
Sum squared resid	0.001277	Schwarz criterion	-12.30913	
Log likelihood	29870.44	Hannan-Quinn criter.	-12.31087	
F-statistic	806.4996	Durbin-Watson stat	2.154173	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Πίνακας 4. Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας για τις αποδόσεις του Καναδά.

Heteroskedasticity Test: ARCH				
F-statistic	148.0791	Prob. F(1,4850)	0.0000	
Obs*R-squared	143.7511	Prob. Chi-Square(1)	0.0000	
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 3 4854				
Included observations: 4852 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000171	9.38E-06	18.23207	0.0000
RESID^2(-1)	0.172124	0.014145	12.16877	0.0000
R-squared	0.029627	Mean dependent var	0.000207	
Adjusted R-squared	0.029427	S.D. dependent var	0.000630	
S.E. of regression	0.000621	Akaike info criterion	-11.92994	
Sum squared resid	0.001871	Schwarz criterion	-11.92726	
Log likelihood	28944.03	Hannan-Quinn criter.	-11.92900	
F-statistic	148.0791	Durbin-Watson stat	2.073911	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Πίνακας 5. Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας για τις αποδόσεις της Γαλλίας.

Heteroskedasticity Test: ARCH				
F-statistic	80.58727	Prob. F(1,4850)	0.0000	
Obs*R-squared	79.30281	Prob. Chi-Square(1)	0.0000	
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 3 4854				
Included observations: 4852 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000188	9.72E-06	19.30835	0.0000
RESID^2(-1)	0.127845	0.014241	8.977041	0.0000
R-squared	0.016344	Mean dependent var	0.000215	
Adjusted R-squared	0.016142	S.D. dependent var	0.000648	
S.E. of regression	0.000643	Akaike info criterion	-11.86096	
Sum squared resid	0.002004	Schwarz criterion	-11.85829	
Log likelihood	28776.69	Hannan-Quinn criter.	-11.86002	
F-statistic	80.58727	Durbin-Watson stat	2.048519	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Πίνακας 6. Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας για τις αποδόσεις της Γερμανίας.

Heteroskedasticity Test: ARCH				
F-statistic	159.1193	Prob. F(1,4850)	0.0000	
Obs*R-squared	154.1283	Prob. Chi-Square(1)	0.0000	
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 3 4854				
Included observations: 4852 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000193	1.01E-05	19.11939	0.0000
RESID^2(-1)	0.178229	0.014129	12.61425	0.0000
R-squared	0.031766	Mean dependent var	0.000235	
Adjusted R-squared	0.031566	S.D. dependent var	0.000674	
S.E. of regression	0.000663	Akaike info criterion	-11.79856	
Sum squared resid	0.002133	Schwarz criterion	-11.79589	
Log likelihood	28625.31	Hannan-Quinn criter.	-11.79762	
F-statistic	159.1193	Durbin-Watson stat	2.045884	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Πίνακας 7. Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας για τις αποδόσεις της Ιταλίας.

Heteroskedasticity Test: ARCH				
F-statistic	469.0986	Prob. F(1,4850)	0.0000	
Obs*R-squared	427.9045	Prob. Chi-Square(1)	0.0000	
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 3 4854				
Included observations: 4852 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000150	9.24E-06	16.26424	0.0000
RESID^2(-1)	0.296971	0.013711	21.65868	0.0000
R-squared	0.088191	Mean dependent var	0.000214	
Adjusted R-squared	0.088003	S.D. dependent var	0.000639	
S.E. of regression	0.000611	Akaike info criterion	-11.96351	
Sum squared resid	0.001809	Schwarz criterion	-11.96084	
Log likelihood	29025.48	Hannan-Quinn criter.	-11.96257	
F-statistic	469.0986	Durbin-Watson stat	2.183668	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Πίνακας 8. Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας για τις αποδόσεις της Ιαπωνίας.

Heteroskedasticity Test: ARCH				
F-statistic	216.7276	Prob. F(1,4850)	0.0000	
Obs*R-squared	207.5427	Prob. Chi-Square(1)	0.0000	
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 3 4854				
Included observations: 4852 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000112	6.81E-06	16.41185	0.0000
RESID^2(-1)	0.206816	0.014048	14.72167	0.0000
R-squared	0.042775	Mean dependent var	0.000141	
Adjusted R-squared	0.042577	S.D. dependent var	0.000464	
S.E. of regression	0.000454	Akaike info criterion	-12.55801	
Sum squared resid	0.000998	Schwarz criterion	-12.55533	
Log likelihood	30467.72	Hannan-Quinn criter.	-12.55707	
F-statistic	216.7276	Durbin-Watson stat	2.091417	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Πίνακας 9. Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας για τις αποδόσεις του Ηνωμένου Βασιλείου.

Heteroskedasticity Test: ARCH				
F-statistic	405.6991	Prob. F(1,4850)	0.0000	
Obs*R-squared	374.5367	Prob. Chi-Square(1)	0.0000	
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 3 4854				
Included observations: 4852 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000140	8.35E-06	16.74868	0.0000
RESID^2(-1)	0.277780	0.013791	20.14197	0.0000
R-squared	0.077192	Mean dependent var	0.000194	
Adjusted R-squared	0.077002	S.D. dependent var	0.000573	
S.E. of regression	0.000551	Akaike info criterion	-12.16954	
Sum squared resid	0.001472	Schwarz criterion	-12.16687	
Log likelihood	29525.30	Hannan-Quinn criter.	-12.16860	
F-statistic	405.6991	Durbin-Watson stat	2.200669	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Πίνακας 10. Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας για τις αποδόσεις των Ηνωμένων Πολιτειών.

Καταλήγουμε στα αποτελέσματα του διμεταβλητού μοντέλου BEKK-GARCH, στα οποία στηρίζεται ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε στο πακέτο EViews για την πραγματοποίηση του μοντέλου BEKK-GARCH είναι το εξής:

$$\begin{aligned} d\log(\text{τιμές κλεισίματος πρώτης χώρας}) &= c(1) + c(2) * d\log(\text{τιμές κλεισίματος δεύτερης χώρας } (-1)) \\ d\log(\text{τιμές κλεισίματος δεύτερης χώρας}) &= c(3) + c(4) * d\log(\text{τιμές κλεισίματος πρώτης χώρας } (-1)) \end{aligned}$$

Παρακάτω βρίσκονται οι Πίνακες 11-31 στους οποίους παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του διαγώνιου μοντέλου BEKK-GARCH. Τα υποδείγματα τα οποία μελετήθηκαν είναι διμεταβλητά, συνεπώς ο κάθε πίνακας (A,B,D) μας δίνει σαν αποτέλεσμα δύο παραμέτρους. Οι παράμετροι του συγκεκριμένου μοντέλου μεταβλητότητας που αξίζει να σχολιαστούν είναι αρχικά τα διαγώνια στοιχεία του πίνακα A, τα οποία αντιπροσωπεύουν την επίδραση των πληροφοριών(θετικών ή αρνητικών) στην μεταβλητότητα. Χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα τη χώρα του Καναδά, οι παράμετροι του πίνακα A (A_{11} και A_{22}) εφόσον υπάρχει στατιστική σημαντικότητα δηλώνουν σε τι βαθμό τα κατάλοιπα προηγούμενων περιόδων επηρεάζουν τη διακύμανση της ίδιας της χώρας, στο συγκεκριμένο παράδειγμα τη χώρα του Καναδά. Τα διαγώνια στοιχεία του πίνακα B (B_{11} και B_{22}), στην περίπτωση που υπάρχει ένδειξη μεταβαλλόμενης διακύμανσης, υποδηλώνουν σε τι βαθμό το φαινόμενο αυτό θα παραμείνει και θα επηρεάζει τη διακύμανση των τιμών. Τέλος όσον αφορά τον πίνακα D, το γινόμενο των συντελεστών $d_{11} * d_{22}$ καθορίζει την επίδραση των αρνητικών σοκ στην συνδιακύμανση. Χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα το ζεύγος Καναδά-Γαλλία, εάν οι παράμετροι (διαγώνια στοιχεία) του πίνακα D είναι στατιστικά σημαντικοί, ένα αρνητικό σοκ θα προκαλέσει μεγαλύτερη αύξηση της μεταβλητότητας απ'ότι ένα θετικό σοκ αντίστοιχης βαρύτητας.

Αρχικά παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα του μοντέλου BEKK στηρίζουν τη Βιβλιογραφική Ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε στη δεύτερη ενότητα της εργασίας. Στατιστική σημαντικότητα παρουσιάζεται σε όλες τις παραμέτρους και στα 21 ζεύγη χωρών, συνεπώς συμπεραίνουμε ότι σε κάθε χώρα υπάρχει μεταβαλλόμενη διακύμανση στις αποδόσεις των χρηματιστηριακών δεικτών για την περίοδο 2002-2022. Το τετράγωνο των καταλοίπων προηγούμενων περιόδων κάθε χώρας επηρεάζει τη διακύμανση της ίδιας της χώρας. Παράλληλα, παρατηρούμε ότι οι παράμετροι του πίνακα B σε όλα τα ζεύγη χωρών είναι στατιστικά σημαντικοί σε όλα τα ζευγάρια χωρών και κοντά στη μονάδα, όσο πιο κοντά είναι στη μονάδα τόσο μεγαλύτερο το persistence της διακύμανσης που παρατηρείται στα δεδομένα.

Canada-France

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	0.260848	0.014101	1.849.806	0.0000
A1(2,2)	0.062621	0.018371	3.408.771	0.0007
D1(1,1)	0.265181	0.015802	1.678.151	0.0000
D1(2,2)	0.401578	0.011726	3.424.621	0.0000
B1(1,1)	0.939739	0.003292	2.854.821	0.0000
B1(2,2)	0.948868	0.002704	3.509.427	0.0000

Πίνακας 11. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Καναδάς-Γαλλία.

Canada-Germany

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	0.243617	0.013936	1.748.065	0.0000
A1(2,2)	0.077205	0.015641	4.936.017	0.0000
D1(1,1)	0.272724	0.015597	1.748.550	0.0000
D1(2,2)	0.349470	0.011019	3.171.621	0.0000
B1(1,1)	0.942564	0.003063	3.077.632	0.0000
B1(2,2)	0.956140	0.002594	3.685.589	0.0000

Πίνακας 12. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Καναδάς-Γερμανία.

Canada-Italy

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	0.265654	0.016705	1.590.232	0.0000
A1(2,2)	-0.099222	0.016702	-5.940.795	0.0000
D1(1,1)	0.279020	0.019014	1.467.470	0.0000
D1(2,2)	0.339321	0.010630	3.191.980	0.0000
B1(1,1)	0.933753	0.003959	2.358.807	0.0000
B1(2,2)	0.959989	0.002282	4.206.444	0.0000

Πίνακας 13. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Καναδάς-Ιταλία.

Canada-Japan

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	0.315582	0.007536	4.187.414	0.0000
A1(2,2)	0.282003	0.007681	3.671.479	0.0000
B1(1,1)	0.942795	0.003015	3.127.116	0.0000
B1(2,2)	0.949617	0.003003	3.162.547	0.0000

Πίνακας 14. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Καναδάς-Ιαπωνία.

Canada-USA

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	-0.240043	0.018593	-1.291.049	0.0000
A1(2,2)	0.148314	0.019001	7.805.718	0.0000
D1(1,1)	0.304536	0.017858	1.705.355	0.0000
D1(2,2)	0.356236	0.012164	2.928.648	0.0000
B1(1,1)	0.936019	0.003880	2.412.352	0.0000
B1(2,2)	0.943124	0.003258	2.894.435	0.0000

Πίνακας 15. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Καναδάς-ΗΠΑ.

Canada-UK

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	0.277804	0.017297	1.606.053	0.0000
A1(2,2)	-0.059046	0.025219	-2.341.300	0.0192
D1(1,1)	0.256208	0.020959	1.222.403	0.0000
D1(2,2)	0.384330	0.012425	3.093.105	0.0000
B1(1,1)	0.933387	0.004145	2.251.641	0.0000
B1(2,2)	0.950863	0.002883	3.298.432	0.0000

Πίνακας 16. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Καναδάς-Ηνωμένο Βασίλειο.

France-Germany

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	0.209881	0.009705	2.162.614	0.0000
A1(2,2)	0.218822	0.009997	2.188.825	0.0000
D1(1,1)	0.261233	0.011058	2.362.370	0.0000
D1(2,2)	0.236240	0.011800	2.002.093	0.0000
B1(1,1)	0.963073	0.001513	6.366.094	0.0000
B1(2,2)	0.963743	0.001733	5.561.062	0.0000

Πίνακας 17. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Γαλλία-Γερμανία.

France-Italy

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	0.004826	0.026173	0.184382	0.8537
A1(2,2)	-0.241006	0.012808	-1.881.742	0.0000
D1(1,1)	0.420349	0.012218	3.440.478	0.0000
D1(2,2)	0.218560	0.016190	1.349.950	0.0000
B1(1,1)	0.946294	0.002711	3.490.628	0.0000
B1(2,2)	0.954319	0.002923	3.264.312	0.0000

Πίνακας 18. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Γαλλία-Ιταλία.

France-Japan

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	0.274488	0.007306	3.757.072	0.0000
A1(2,2)	0.303085	0.008339	3.634.597	0.0000
B1(1,1)	0.956005	0.002490	3.839.806	0.0000
B1(2,2)	0.942050	0.003559	2.646.921	0.0000

Πίνακας 19. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Γαλλία-Ιαπωνία.

France-USA

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	0.114806	0.022920	5.008.946	0.0000
A1(2,2)	-0.258049	0.016702	-1.544.996	0.0000
D1(1,1)	0.407059	0.014070	2.893.159	0.0000
D1(2,2)	0.269036	0.017651	1.524.236	0.0000
B1(1,1)	0.941668	0.003596	2.618.401	0.0000
B1(2,2)	0.934094	0.004428	2.109.305	0.0000

Πίνακας 20. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Γαλλία-ΗΠΑ.

France-UK

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	0.298606	0.008139	3.668.702	0.0000
A1(2,2)	0.284200	0.008220	3.457.549	0.0000
B1(1,1)	0.947543	0.003074	3.082.807	0.0000
B1(2,2)	0.952661	0.002771	3.438.277	0.0000

Πίνακας 21. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Γαλλία-Ηνωμένο Βασίλειο.

Germany-Italy

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	0.092947	0.022320	4.164.345	0.0000
A1(2,2)	-0.223321	0.012771	-1.748.714	0.0000
D1(1,1)	0.359464	0.012367	2.906.671	0.0000
D1(2,2)	0.252555	0.014420	1.751.411	0.0000
B1(1,1)	0.952730	0.003084	3.089.493	0.0000
B1(2,2)	0.953563	0.002934	3.250.416	0.0000

Πίνακας 22. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Γερμανία-Ιταλία.

Germany-Japan

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	-0.105635	0.021673	-4.874.041	0.0000
A1(2,2)	0.261682	0.014868	1.759.992	0.0000
D1(1,1)	0.348502	0.012240	2.847.155	0.0000
D1(2,2)	0.294577	0.015263	1.930.053	0.0000
B1(1,1)	0.953132	0.003182	2.995.384	0.0000
B1(2,2)	0.926790	0.004938	1.876.971	0.0000

Πίνακας 23. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Γερμανία-Ιαπωνία.

Germany-USA

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	-0.099264	0.024133	-4.113.235	0.0000
A1(2,2)	0.231966	0.018951	1.224.030	0.0000
D1(1,1)	0.360147	0.012810	2.811.453	0.0000
D1(2,2)	0.307218	0.016939	1.813.638	0.0000
B1(1,1)	0.952044	0.003271	2.910.240	0.0000
B1(2,2)	0.934341	0.004620	2.022.442	0.0000

Πίνακας 24. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Γερμανία-ΗΠΑ.

Germany-UK

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	-0.124851	0.020462	-6.101.540	0.0000
A1(2,2)	0.163396	0.021918	7.454.883	0.0000
D1(1,1)	0.343915	0.012673	2.713.818	0.0000
D1(2,2)	0.364268	0.014983	2.431.172	0.0000
B1(1,1)	0.953302	0.003156	3.020.151	0.0000
B1(2,2)	0.942914	0.003927	2.401.225	0.0000

Πίνακας 25. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Γερμανία-Ηνωμένο Βασίλειο.

Italy-Japan

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	-0.098084	0.019959	-4.914.228	0.0000
A1(2,2)	0.250150	0.013994	1.787.598	0.0000
D1(1,1)	0.345033	0.010883	3.170.279	0.0000
D1(2,2)	0.315659	0.014760	2.138.658	0.0000
B1(1,1)	0.959173	0.002436	3.936.804	0.0000
B1(2,2)	0.925589	0.005073	1.824.395	0.0000

Πίνακας 26. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Ιταλία-Ιαπωνία.

Italy-USA

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	-0.154811	0.015661	-9.884.920	0.0000
A1(2,2)	0.211944	0.017501	1.211.008	0.0000
D1(1,1)	0.322168	0.012369	2.604.734	0.0000
D1(2,2)	0.322373	0.014563	2.213.649	0.0000
B1(1,1)	0.956021	0.002739	3.490.829	0.0000
B1(2,2)	0.937361	0.004032	2.324.566	0.0000

Πίνακας 27. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Ιταλία-ΗΠΑ.

Italy-UK

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	0.206705	0.013947	1.482.070	0.0000
A1(2,2)	0.008409	0.026076	0.322469	0.7471
D1(1,1)	0.270356	0.014012	1.929.525	0.0000
D1(2,2)	0.398416	0.012433	3.204.488	0.0000
B1(1,1)	0.954610	0.002867	3.329.965	0.0000
B1(2,2)	0.949556	0.002746	3.457.674	0.0000

Πίνακας 28. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Ιταλία-Ηνωμένο Βασίλειο.

Japan-USA

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	0.245075	0.014179	1.728.439	0.0000
A1(2,2)	-0.168380	0.017927	-9.392.667	0.0000
D1(1,1)	0.313873	0.014307	2.193.767	0.0000
D1(2,2)	0.348688	0.012682	2.749.414	0.0000
B1(1,1)	0.927837	0.004937	1.879.528	0.0000
B1(2,2)	0.941338	0.003542	2.657.710	0.0000

Πίνακας 29. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Ιαπωνία-ΗΠΑ.

Japan-UK

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	-0.249055	0.014326	-1.738.473	0.0000
A1(2,2)	-0.063665	0.025185	-2.527.917	0.0115
D1(1,1)	-0.315068	0.014394	-2.188.924	0.0000
D1(2,2)	0.391527	0.012905	3.033.817	0.0000
B1(1,1)	0.925844	0.005081	1.822.136	0.0000
B1(2,2)	0.948610	0.003069	3.091.068	0.0000

Πίνακας 30. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών Ιαπωνία-Ηνωμένο Βασίλειο.

USA-UK

Parameters	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
A1(1,1)	0.221817	0.018429	1.203.644	0.0000
A1(2,2)	-0.118443	0.021568	-5.491.589	0.0000
D1(1,1)	0.310801	0.015543	1.999.652	0.0000
D1(2,2)	0.381020	0.013918	2.737.529	0.0000
B1(1,1)	0.936469	0.004248	2.204.419	0.0000
B1(2,2)	0.945506	0.003431	2.756.154	0.0000

Πίνακας 31. Αποτελέσματα υποδείγματος BEKK-GARCH στο ζευγάρι χωρών ΗΠΑ-Ηνωμένο Βασίλειο.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το πακέτο EViews εξετάζει το μοντέλο BEKK-GARCH με διαγώνιο τρόπο συνεπώς υπολογίζουμε εμείς με έναν απλό πολλαπλασιασμό το συντελεστή του unconditional covariance, το συντελεστή δηλαδή που εξηγεί τη σχέση ανάμεσα στα 21 ζευγάρια χωρών.

Παρακάτω στον Πίνακα 32. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συντελεστών που εξηγούν τη σχέση ανάμεσα στα ζεύγη χωρών.

Παρατηρούμε ότι το unconditional covariance είναι θετικό και πολύ κοντά στη μονάδα και στα 21 ζεύγη μεταξύ των χωρών. Οι συντελεστές κυμαίνονται από 0,83 έως και

0,98, αποτελέσματα που επιβεβαιώνουν την ισχυρή σχέση αλληλεξάρτησης μεταξύ των χωρών του πολιτικού φόρουμ G7. Ο μεγαλύτερος συντελεστής παρατηρείται στο ζευγάρι Ηνωμένο Βασίλειο- Γαλλία και ισούται με 0,9876 ,αριθμός τόσο κοντά στη μονάδα που υποδεικνύει ότι οι δύο αυτές μεταβλητές κινούνται σχεδόν πάντα προς την ίδια κατεύθυνση. Συνεπώς σε αυτό το ζευγάρι χωρών παρατηρείται μεγαλύτερη διάχυση μεταβλητότητας.

	Unconditional Covariance
Canada-France	0,909
Canada-Germany	0,921
Canada-Italy	0,867
Canada-Japan	0,981
Canada-USA	0,848
Canada-UK	0,867
France-Germany	0,967
France-Italy	0,902
France-Japan	0,985
France-USA	0,845
France-UK	0,9876
Germany-Italy	0,901
Germany-Japan	0,853
Germany-USA	0,857
Germany-UK	0,871
Italy-Japan	0,865
Italy-USA	0,87
Italy-UK	0,905
Japan-USA	0,834
Japan-UK	0,896
USA-UK	0,86

Πίνακας 32. Αποτελέσματα συντελεστών συνδιακύμανσης.

**Σημείωση: Το “Unconditional Covariance” προκύπτει από το άθροισμα των γινομένων των παραμέτρων των πινάκων A και B: unconditional covariance= $a_{11}a_{22} + b_{11}b_{22}$.*

Τα ευρήματα της παρούσας εργασίας δεν αποτελούν έκπληξη, καθώς εύρος επιστημονικών μελετών χρησιμοποιώντας ως μελέτη περίπτωσης τις συγκεκριμένες χρηματιστηριακές αγορές καταλήγουν στα ίδια αποτελέσματα. Οι Antonakakis και Badinger (2015) χρησιμοποιώντας τον δείκτη διάχυσης των Diebold και Yilmaz (όπως αναφέρθηκε στη ενότητα της Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης) παρατηρούν την ύπαρξη του φαινομένου διάχυσης της μεταβλητότητας μεταξύ των χωρών G7, την αύξηση του φαινομένου μετά την χρηματοπιστωτική κρίση του 2008, καθώς και ότι η χρηματιστηριακή αγορά των Ηνωμένων Πολιτειών ασκεί τη μεγαλύτερη επιρροή στη διάχυση της μεταβλητότητας μεταξύ του δείγματος των χωρών G7. Στο ίδιο μήκος κύματος βρίσκεται και η επιστημονική έρευνα του Su (2020), ο οποίος μελέτησε τη

διάχυση της μεταβλητότητας ανάμεσα στις χρηματαγορές των G7 καθώς και τους παράγοντες που συμβάλλουν σε αυτήν. Χρησιμοποιώντας ημερήσια δεδομένα από το 2003 έως και το 2015 κατέληξε στην ύπαρξη αλληλεξάρτησης σε μακροχρόνιο επίπεδο ανάμεσα στις 7 αγορές, καθώς και στο γεγονός ότι παρουσιάζουν ευαισθησία σε πιθανές κρίσεις. Οι Özer et al.(2016) χρησιμοποιώντας εβδομαδιαία δεδομένα από το 2008 έως το 2016 ερεύνησαν επίσης τη διάχυση της μεταβλητότητας στην ομάδα των G7. Τα αποτελέσματα τους διαφέρουν ελάχιστα από αυτά της παρούσας εργασίας, καθώς οι παραπάνω μελετητές δεν εντόπισαν διάχυση μεταβλητότητας ανάμεσα σε δύο ζευγάρια χωρών: Καναδά και Ιαπωνία, Γαλλία και Ηνωμένες Πολιτείες. Όπως αναφέρθηκε και στα αποτελέσματα του οικονομετρικού υποδείγματος BEKK-GARCH, στην παρούσα εργασία παρατηρείται σχέση αλληλεξάρτησης και στα 21 ζευγάρια χωρών της ομάδας G7.

5. Συμπεράσματα

Η συγκεκριμένη εργασία μελετά τη διάχυση της μεταβλητότητας ανάμεσα σε 7 ισχυρούς χρηματιστηριακούς δείκτες των παρακάτω χωρών: Καναδάς, ΗΠΑ, Ηνωμένο Βασίλειο, Γαλλία, Γερμανία, Ιταλία και Ιαπωνία. Το φαινόμενο της μετάδοσης(spillover effect) ερευνήθηκε σε μεγάλο βαθμό από πλήθος ερευνητών και αναφέρεται στην αλληλεπίδραση των οικονομιών και κατά πόσο μεταβολές που αφορούν οικονομικά μεγέθη στην οικονομία μιας χώρας μπορούν να μεταδοθούν και να επηρεάσουν την παγκόσμια οικονομία. Η διεθνής χρηματοπιστωτική κρίση του 2008, καθώς και η παγκόσμια κρίση μετά τον COVID-19 αποτελούν σημαντικά παραδείγματα του φαινομένου της διάχυσης, καθώς μέσα από αυτά είναι εμφανές πόσο αλληλεξαρτημένες είναι οι οικονομίες παγκοσμίως. Στην εποχή της παγκοσμιοποίησης η έναρξη μίας οικονομικής κρίσης σε μία χώρα της Ασίας μπορεί να εξαπλωθεί μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα σε όλον τον κόσμο ανεξάρτητα από τις εμπορικές, οικονομικές και πολιτικές σχέσεις μεταξύ των χωρών. Η Ng(2002), οι Billio και Pelizzon(2003), οι Gjerde και Sættem(1995), καθώς και πολλοί ακόμα ερεύνησαν την ύπαρξη του φαινομένου και παρόλο που χρησιμοποίησαν διαφορετικές μελέτες περίπτωσης όλοι κατέληξαν σε ένα κοινό συμπέρασμα. Στην εποχή της οικονομικής ολοκλήρωσης και της ανάπτυξης της τεχνολογίας οι πληροφορίες μεταδίδονται με ταχύτητα φωτός, γεγονός που καθιστά τις χρηματιστηριακές αγορές ευαίσθητες είτε σε θετικά είτε σε αρνητικά σοκ. Τα αποτελέσματα της παρούσας οικονομετρικής εργασίας επιβεβαιώνουν τα παραπάνω, καθώς παρατηρείται διασπορά της μεταβλητότητας και στα 21 ζεύγη χωρών. Οι συντελεστές συνδιακύμανσης των 21 ζευγαριών πλησιάζουν τη μονάδα αποδεικνύοντας την ύπαρξη του φαινομένου κοινής πορείας (co-movement). Ένα οικονομικό φαινόμενο που θα επιφέρει μεταβολή στον χρηματιστηριακό δείκτη της Ιαπωνίας μπορεί να επηρεάσει την αγορά των Ηνωμένων Πολιτειών και της Γαλλίας και αντίστροφα.

6.Βιβλιογραφία

Ξένη Βιβλιογραφία:

- Abbas Q., Khan S. and Ali Shah Z. (2013). “Volatility transmission in regional Asian stock markets”. *Emerging Markets Review* 16, pp. 66-77.
- Allen D. and McAller M. (2018). “Theoretical and Empirical Differences between Diagonal and Full BEKK for Risk Management”. *Energies* 2018, 11(7), 1627, Special Issue: Multivariate Modelling of Fossil Fuel and Carbon Emission Prices.
- Antonakakis N. and Badinger H. (2015). “Economic growth, volatility, and cross-country spillovers: New evidence for the G7 countries”. *Economic Modelling*.
- Billio M. and Pelizzon L.(2003). “Volatility and shocks spillover before and after EMU in European stock markets”. *Journal of Multinational Financial Management* 13, pp. 323-340.
- Bollerslev T., Engle R.F. and Nelson B.D., (1994). “ARCH Models”. *Handbook of Econometrics*, Elsevier Science, Vol. IV.
- Brooks C. (2008). “Introductory Econometrics for Finance” Second Edition.
- Diebold F. and Yilmaz K.(2019). “MEASURING FINANCIAL ASSET RETURN AND VOLATILITY SPILLOVERS, WITH APPLICATION TO GLOBAL EQUITY MARKETS” . *The Economic Journal*, 119 (January), pp. 158–171.
- Efimova O. and Serletis A.(2014). “ Energy markets volatility model ling using GARCH”. *Energy Economics*. Volume 43, pp. 264-273.
- Engle R. (1982). “AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSCEDASTICITY WITH ESTIMATES OF THE VARIANCE OF UNITED KINGDOM INFLATION”. *Econometrica*, Vol. 50, No. 4, pp. 987-1007.
- Forbes K.J. and Rigobon R.(2002). “No Contagion, Only Interdependence: Measuring Stock Market Comovements” *The Journal of Finance*, Vol. LVII, No. 5.

Gjerde O. and Sættem F. (1995). "Linkages among European and world stock markets". *The European Journal of Finance* 1, pp. 165-179.

Glynn J, Perera N. and Verma R. (2007). "Unit root tests and structural breaks: a survey with applications". University of Wollongong, Faculty of Business and Law.

Indryani N., Usman M., Warsono, Nabila S U., Widiarti and Kurniasari D. (2021). "Dynamic Modeling Data Return by Using BEKK-GARCH (Study: PT. Indofarma Tbk (INAF) and PT. Kimia Farma Tbk (KAFF) from June 2015 to July 2020)". *Journal of Physics: Conference Series*.

Khallouli W. and Sandretto R.P. (2010). "Testing for 'Contagion' of the Subprime Crisis on the Middle East and North African Stock Markets: A Markov Switching EGARCH Approach". Download : <http://www.gate.cnrs.fr> –Publications/Working Papers.

Koutmos G. and Booth G. (1995). "Asymmetric volatility transmission in international stock markets". *Journal of International Money and Finance*, Vol. 14, No. 6, pp. 747-762.

Lee J. and Mossi D. (1996). "On improvements of Phillips-Perron unit root tests using optimal bandwidth estimates". *Applied Econometrics Letters*, Vol. 3, Issue 3, pp. 197-200.

Ng A. (2000). "Volatility spillover effects from Japan and the US to the Pacific–Basin". *Journal of International Money and Finance* 19, pp. 207–233.

Özer M. , Kanişlı S. and Kanişlı M. (2016). "Do Volatility Spillovers among G7 Stock Markets Symmetric or Asymmetric?". *Proceedings of 7th European Business Research Conference 15 - 16 December 2016, University of Roma Tre, Rome, Italy*.

Sakthivel P., Bodkhe N. and Kamaiah B. (2012). "Correlation and Volatility Transmission across International Stock Markets: A Bivariate GARCH Analysis". *International Journal of Economics and Finance* Vol. 4, No. 3, pp. 253-264.

Su, X. (2020). "Dynamic behaviors and contributing factors of volatility spillovers across G7 stock markets". *The North American Journal of Economics and Finance*, 53

Yousaf I. , Ali S. and Wong W.K. (2020). "Return and Volatility Transmission between World-Leading and Latin American Stock Markets: Portfolio Implications". *Journal of Risk and Financial Management*,13.

Ελληνική Βιβλιογραφία:

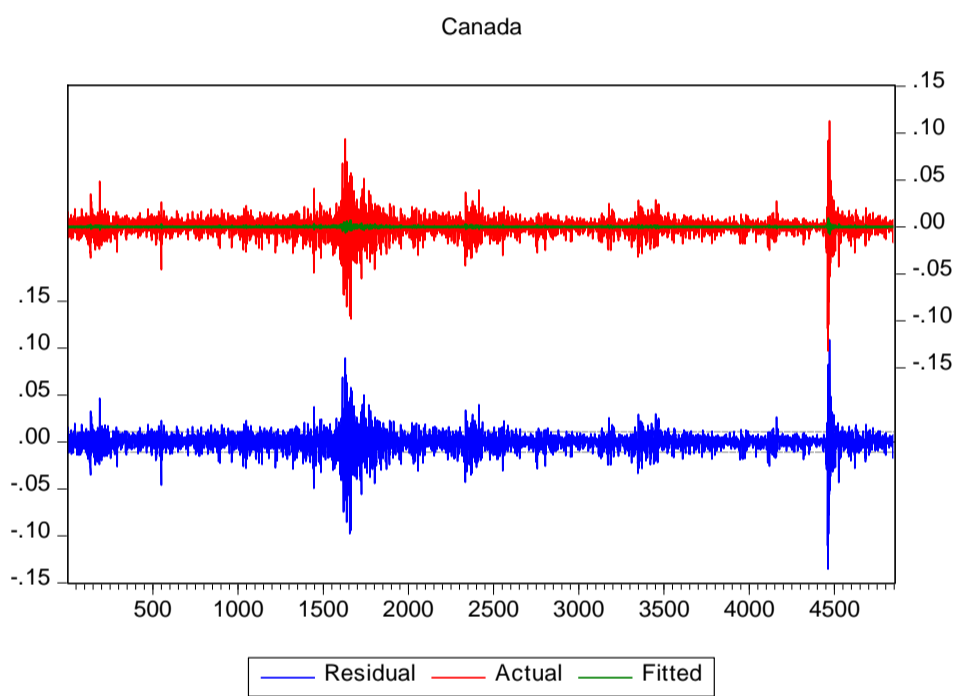
Κύρτσου Κ. (2020). "Βασικές Στατιστικές & Οικονομετρικές Έννοιες με Εφαρμογές στα Οικονομικά". Σημειώσεις μαθήματος. Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στα Εφαρμοσμένα Οικονομικά.

Διαδικτυακές Αναφορές:

www.finance.yahoo.com

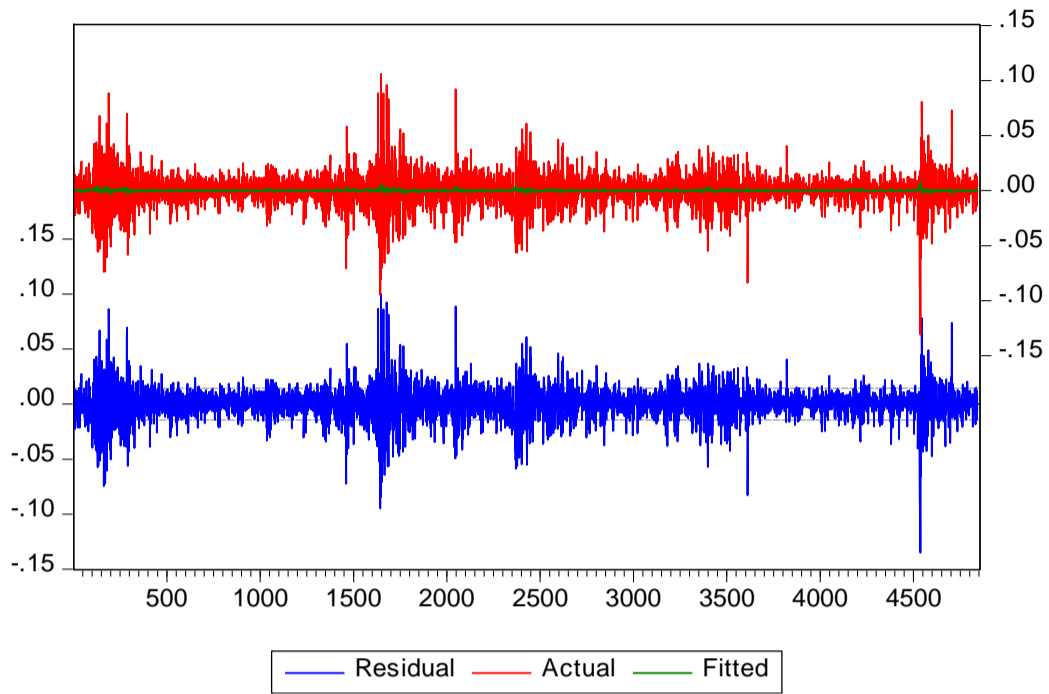
www.wsj.com

Παράρτημα



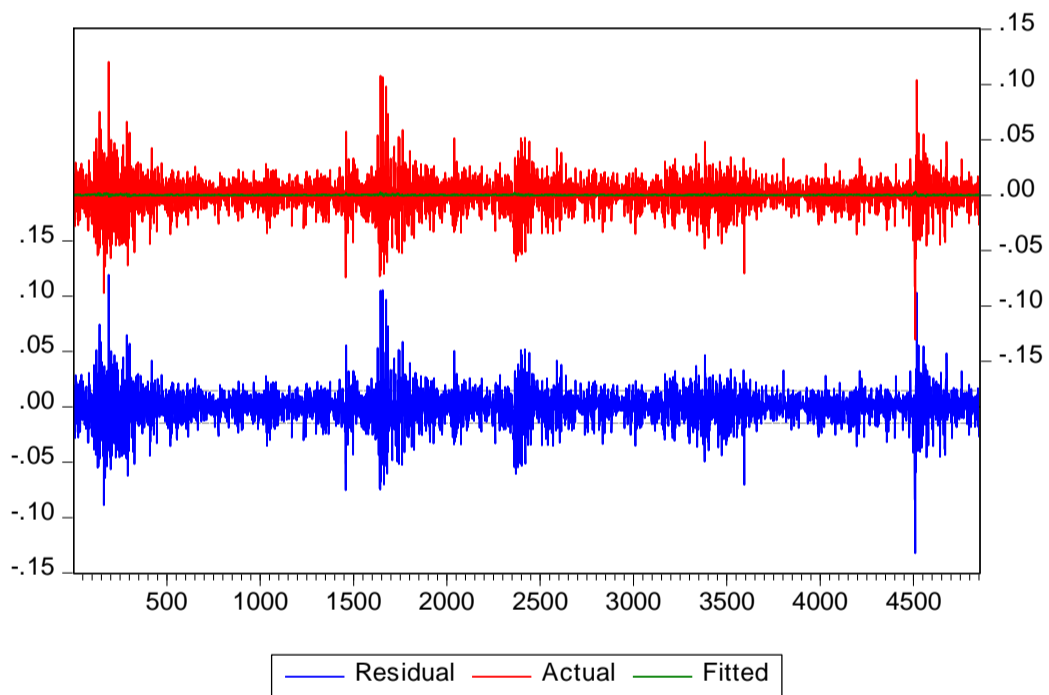
1. Διάγραμμα καταλοίπων αποδόσεων του Καναδά

France



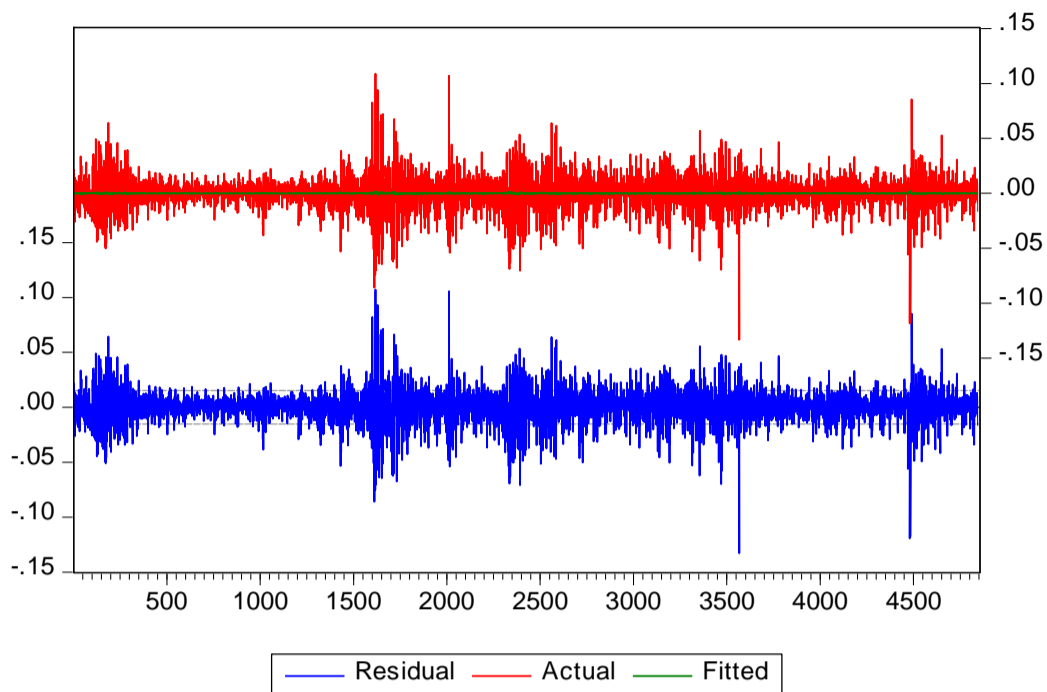
2. Διάγραμμα καταλοίπων αποδόσεων της Γαλλίας

Germany



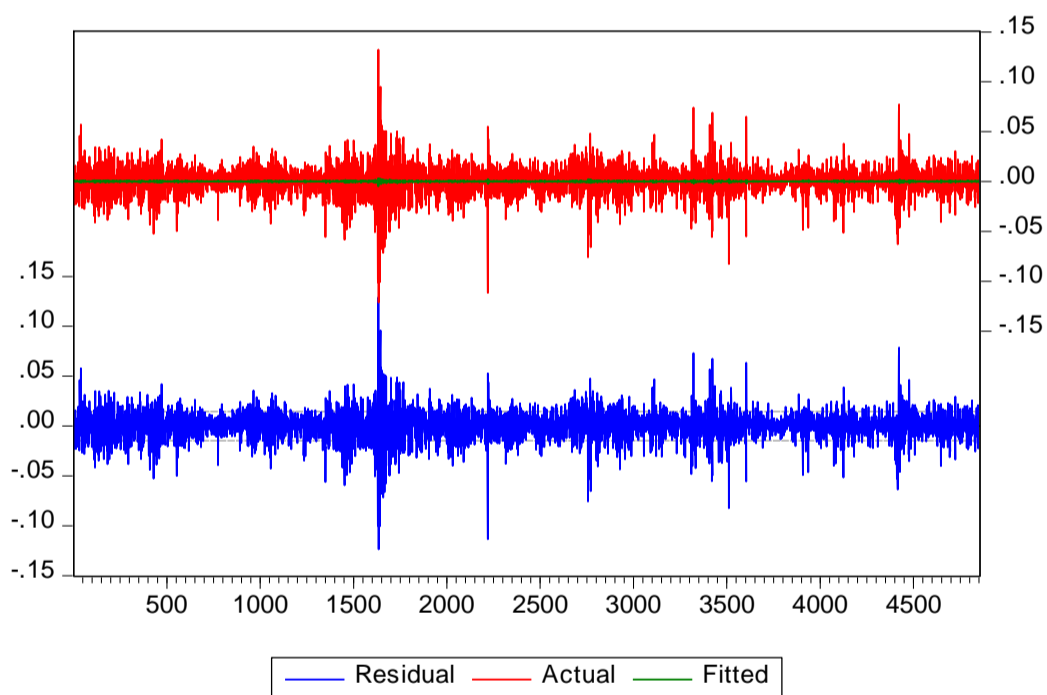
3. Διάγραμμα καταλοίπων αποδόσεων της Γερμανίας

Italy



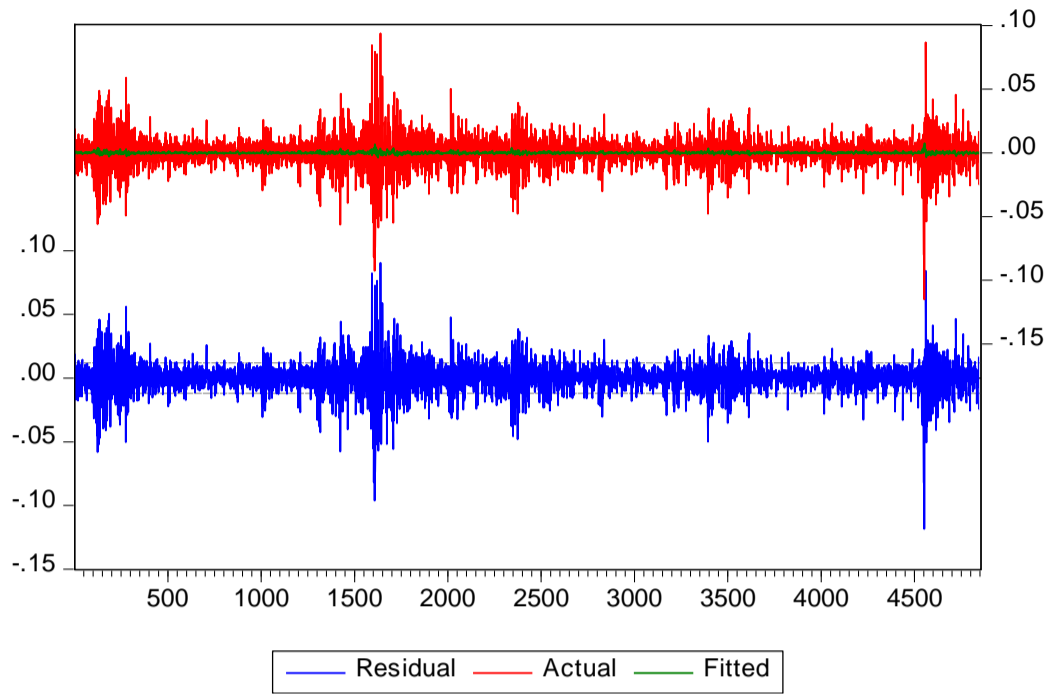
4. Διάγραμμα καταλοίπων αποδόσεων της Ιταλίας

Japan



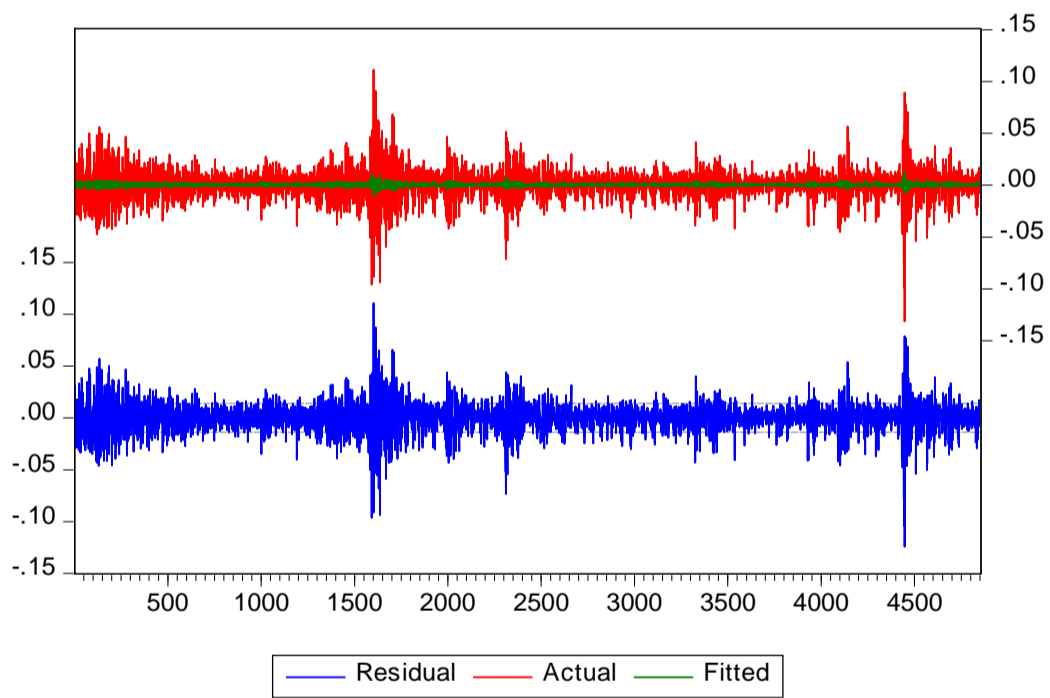
5. Διάγραμμα καταλοίπων αποδόσεων της Ιαπωνίας

UK



6. Διάγραμμα καταλοίπων αποδόσεων του Ηνωμένου Βασιλείου

USA



7. Διάγραμμα καταλοίπων αποδόσεων των Ηνωμένων Πολιτειών