

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ**



**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ**  
**ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ**

**ΣΥΣΤΗΜΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΣΤΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ**  
**ΣΥΣΤΗΜΑ**

**Κουτσονικόλας Βασίλης**

Διπλωματική Εργασία υποβληθείσα στο Τμήμα Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου  
Πειραιώς ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην  
Οικονομική και Επιχειρησιακή Στρατηγική

Πειραιάς, Ιούνιος 2017



**UNIVERSITY OF PIRAEUS**  
**DEPARTMENT OF ECONOMICS**



**MASTER PROGRAM IN**  
**ECONOMIC AND BUSINESS STRATEGY**

**SYSTEMIC RISK IN THE ECONOMIC SYSTEM**

**By**  
**Koutsonikolas Vasilis**

Master Thesis submitted to the Department of Economics of the University of Piraeus in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Arts in Economic and Business Strategy

**Piraeus, Greece, June 2017**



## Συστημικός Κίνδυνος Στο Οικονομικό Σύστημα

**Σημαντικοί Όροι:** συστημικός κίνδυνος, χρηματοοικονομικά ιδρύματα, χρονολογικές σειρές, VAR, VECM, εποπτεία

### Περίληψη

Η πρόσφατη χρηματοοικονομική κρίση, η οποία ξέσπασε στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής το 2007 ήρθε να αναδείξει τους κινδύνους που κρύβονται πίσω από τα χρηματοοικονομικά ιδρύματα όταν μία οικονομία φαίνεται υγιείς. Αρκετά ιδρύματα, που αντιμετώπιζαν προβλήματα διασώθηκαν με το σκεπτικό ότι ήταν πολύ μεγάλα για να πτωχεύσουν (too big to fail), ενώ μόνο μία επενδυτική τράπεζα, η Lehman Brothers, αφέθηκε να χρεοκοπήσει τον Σεπτέμβριο του 2008. Ο πανικός, που κατέκλυσε τις αγορές ήταν σημαντικός, αφού οι αναλυτές φοβόντουσαν τον κίνδυνο διάχυσης των γεγονότων σε όλον τον κόσμο, μέσω των διασυνδεδεμένων επενδύσεων, που υπήρχαν στα χαρτοφυλάκια του κάθε ιδρύματος. Επιπλέον, η εποπτεία που ασκούσαν τα θεσμικά όργανα (Κεντρικές Τράπεζες, οργανισμοί, επιτροπές) αδυνατούσε να συλλάβει το μέγεθος της κρίσης. Η αποτελεσματική εποπτεία των οργάνων θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη όχι μόνο το μέγεθος ενός ιδρύματος αλλά και τον βαθμό διασύνδεσής του με άλλα ιδρύματα σκεπτόμενοι ως πολύ διασυνδεδεμένο για να πτωχεύσει (too interconnected to fail), αντλώντας παράλληλα επαρκή δεδομένα για την εύρεση του συστημικού κινδύνου. Έτσι, σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η διερεύνηση πιθανών σχέσεων μεταξύ ορισμένων δεικτών συστημικού κινδύνου και μεταβλητών όπως ο S&P 500, ο δείκτης βιομηχανικής παραγωγής, ο πληθωρισμός και το 3μηνο επιτόκιο εντόκων γραμματίων Αμερικανικού δημοσίου, οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στο οικονομικό σύστημα.



# **Systemic Risk in the Economic System**

**Keywords:** systemic risk, financial institutions, timeseries, VAR, VECM, supervision

## **Abstract**

The recent financial crisis of 2007 in the USA was a proof that even though when an economy seems strong, there are dangers lurking behind any financial institution. Several institutions that were in danger of collapsing actually were bailed out because there were "too big to fall". However, only one investment bank known as the Lehman Brothers failed on September of 2008. The news caused a great panic in the economic market and analysts were afraid that the release of such news through the interconnected investments may lead to a worldwide panic. Furthermore, institutional instruments such as Central Banks, organizations, committees could not receive the importance of this crisis. The successful stewardship of such institutional instruments should involve not only the size of an institution but also how interconnected it is. The key rationale that they should have in mind is that an interconnected institution is more difficult to fail and through gathering sufficient data they should detect any systemic danger. Therefore, the purpose of this research is to investigate possible and potential relationships between some systemic risk factors and variables such as the S&P 500, the index of industrial production, the inflation and the 3-month interest rate of treasury bill, which play an important role in the economic system.





## Περιεχόμενα

Περίληψη	v
Abstract	vii
Κατάλογος διαγραμμάτων	xi
Κατάλογος πινάκων	xiii

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Συστημικός κίνδυνος	15
1.2 Οι μεταβλητές	20

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Γενική Μορφή Μοντέλου	27
-----------------------	----

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Μεθοδολογική Ανάλυση

3.1 Στατιστική προσέγγιση	29
3.2 Στοχαστική διαδικασία	29
3.3 Συσχέτιση μεταβλητών	30
3.4 Στασιμότητα	30
3.5 Έλεγχος στασιμότητας	31
3.6 Πρόβλημα νόθου παλινδρόμησης	33
3.7 Τάση	33
3.8 Συνολοκλήρωση	34
3.9 Έλεγχος συνολοκλήρωσης	35
3.10 Αιτιότητα κατά Granger	37

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Εμπειρική Ανάλυση

4.1 Γραφική απεικόνιση μεταβλητών	39
4.2 Στατιστική ανάλυση των μεταβλητών	41

4.3 Συσχέτιση μεταβλητών	43
4.4 Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας	44
4.5 Γραφικές παραστάσεις στάσιμων σειρών	46
4.6 Έλεγχος συνολοκλήρωσης	47
4.7 Υπόδειγμα διόρθωσης λαθών	49
4.7.1 Αιτιότητα κατά Granger	59
4.8 Διανυσματικό αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα	62
4.8.1 Αιτιότητα κατά Granger	65
4.9 Ανταπόκριση αντίδρασης (impulse response)	66
4.10 Ανάλυση αποσύνθεσης διακύμανσης (variance decomposition)	73

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

Συμπεράσματα	77
Εφαρμογές	79

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Ελληνική	81
Ξένη	81
Διαδικτυακοί Τόποι	82

## Κατάλογος διαγραμμάτων

1.1 Αριθμός hedge funds παγκοσμίως	15
1.2 Περιουσιακά στοιχεία hedge funds (δισ \$)	16
4.1 Διαγραμματική απεικόνιση των μεταβλητών	39-40
4.2 Διαγραμματική απεικόνιση των πρώτων διαφορών μεταβλητών	46-47
4.3 Διαγραμματική απεικόνιση καταλοίπων του VECM	53
4.4 Διαγραμματική απεικόνιση καταλοίπων του VECM	56
4.5 Διαγραμματική απεικόνιση καταλοίπων του VECM	59
4.6 Διαγραμματική απεικόνιση καταλοίπων VAR	65
4.7 Απεικόνιση αντίδρασης μεταβλητών logsp500 logiind	68
4.8 Απεικόνιση αντίδρασης μεταβλητών logsp500 infl	69
4.9 Απεικόνιση αντίδρασης μεταβλητών logsp500 r3	70
4.10 Απεικόνιση αντίδρασης μεταβλητών logiind infl	71
4.11 Απεικόνιση αντίδρασης μεταβλητών logiind r3	71
4.12 Απεικόνιση αντίδρασης μεταβλητών infl r3	72
4.13 Αποσύνθεση διακύμανσης r3	76



## Κατάλογος πινάκων

4.1 Στατιστικά στοιχεία των μεταβλητών	42
4.2 Συσχέτιση των μεταβλητών	43
4.3 Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας	44
4.4 Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας πρώτων διαφορών	45
4.5 Έλεγχος ύπαρξης συνολοκλήρωσης των μεταβλητών	49
4.6 Εκτιμήσεις VECM	51
4.7 Εκτιμήσεις VECM	54
4.8 Εκτιμήσεις VECM	57
4.9 Αιτιότητα κατά Granger	60
4.10 Αιτιότητα κατά Granger	61
4.11 Αιτιότητα κατά Granger	61
4.12 Εκτιμήσεις VAR	63
4.13 Αιτιότητα κατά Granger	66
4.14 Αποσύνθεση διακύμανσης logsp500	73
4.15 Αποσύνθεση διακύμανσης logiind	74
4.16 Αποσύνθεση διακύμανσης infl	75
4.17 Αποσύνθεση διακύμανσης r3	75

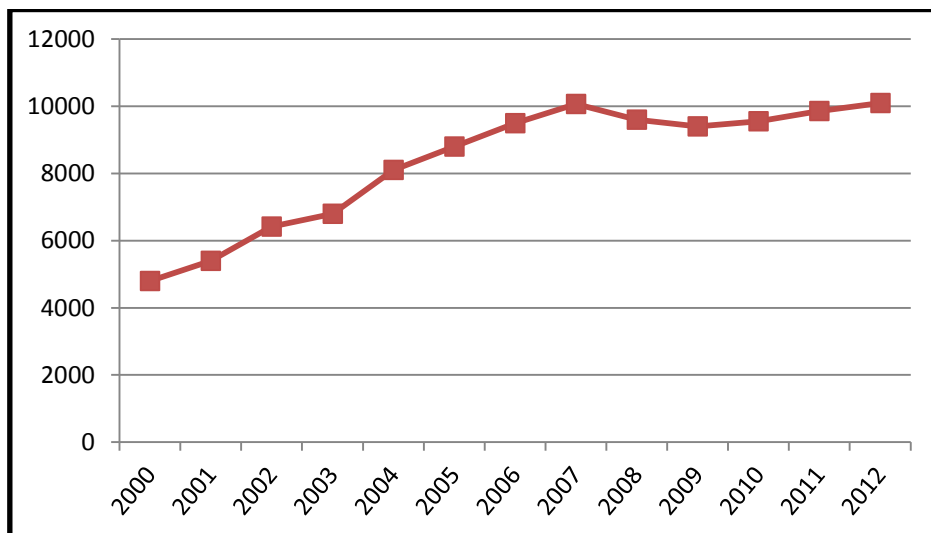


# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

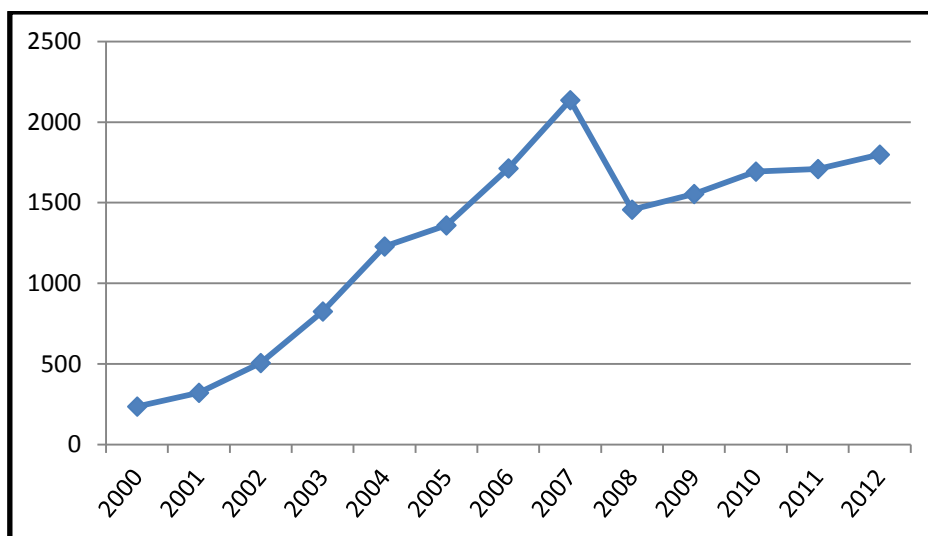
### 1.1 Συστημικός κίνδυνος

Το χρηματοοικονομικό σύστημα διαρκώς μεγεθύνεται, αυξάνοντας ταυτόχρονα την πολυπλοκότητα του και κατ' επέκταση την ευαισθησία του στον κίνδυνο όταν μία ύφεση κάνει την εμφάνισή της. Η απότομη αύξηση του ανταγωνισμού μεταξύ των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων οδήγησε στην δημιουργία νέων καινοτόμων χρηματοοικονομικών προϊόντων. Με άλλα λόγια, το εύρος των προϊόντων και οι αυξανόμενες εναλλακτικές επενδύσεις δίνουν την δυνατότητα στους επενδυτές να αναλαμβάνουν επιπλέον κίνδυνο ώστε να αποζημιωθούν με μία καλύτερη απόδοση. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι ο αριθμός των hedge funds, το 2000, ανερχόταν περίπου στα 4.800 και διαχειρίζονταν περιουσιακά στοιχεία τα οποία σύμφωνα με εκτιμήσεις έφταναν τα 236 δις \$, ενώ όταν ξέσπασε η χρηματοοικονομική κρίση το 2007 με 2008, ο αριθμός αυξήθηκε φτάνοντας τα 10.070 hedge funds παγκοσμίως με συνολικό χαρτοφυλάκιο περίπου 2,1 τρις \$, όπως απεικονίζεται και στα ακόλουθα διαγράμματα.



Διάγραμμα 1.1

Αριθμός hedge funds παγκοσμίως



**Διάγραμμα 1.2**

**Περιουσιακά στοιχεία hedge funds (δισ \$)**

Το αυξανόμενο χρηματοοικονομικό ρίσκο, που έπαιρναν τα ιδρύματα, δημιουργούσε αβεβαιότητα στην οικονομία μειώνοντας την δραστηριότητα των πραγματικών επενδύσεων, έχοντας αντίκτυπο στις μακροοικονομικές συνθήκες. Όπως γίνεται αντιληπτό, το χρηματοοικονομικό σύστημα είναι άμεσα συνυφασμένο με το παγκόσμιο εισόδημα και γι' αυτό η πτώση ενός χρηματοοικονομικού ιδρύματος θεωρείται ότι μπορεί να προκαλέσει αποδιοργάνωση του συστήματος. Κυρίαρχο ρόλο σε αυτό παίζει και η διασύνδεση των ιδρυμάτων που έχουν αμοιβαίες επωφελείς επιχειρησιακές σχέσεις μέσω των οποίων η έλλειψη ρευστότητας, η αφερεγγυότητα και οι ζημιές μπορούν να διαδοθούν γρήγορα κατά την διάρκεια μιας χρηματοοικονομικής κρίσης. Σε αυτό το σημείο, για τον καλύτερο έλεγχο της αγοράς επεμβαίνουν οι κεντρικές τράπεζες και διάφοροι οργανισμοί επιβάλλοντας ορισμένους κανόνες για την πειθαρχία και την εύρυθμη λειτουργία της αγοράς αναγνωρίζοντας, επίσης, κινδύνους πριν αυτοί εμφανιστούν και καλούνται να λάβουν αποφάσεις για την αντιμετώπιση αυτών, εάν εντοπιστούν.

Ένας από τους πιο σημαντικούς κινδύνους, ο οποίος έχει γίνει αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας με το ξέσπασμα της πρόσφατης χρηματοοικονομικής κρίσης είναι ο συστημικός κίνδυνος. Όπως καταδεικνύει και το όνομά του, ο εν λόγω κίνδυνος περιέχεται και πηγάζει τις περισσότερες φορές ενδογενώς, δηλαδή μέσα από το ίδιο το χρηματοοικονομικό σύστημα.



Υπάρχουν αρκετοί ορισμοί για τον συγκεκριμένο κίνδυνο. Για παράδειγμα, είναι ένα σύνολο καταστάσεων που απειλεί την σταθερότητα ή την δημόσια εμπιστοσύνη του χρηματοοικονομικού συστήματος. Επιπλέον, μπορεί να χαρακτηριστεί ως ο κίνδυνος που είναι ευρέως διαδεδομένος παρεμποδίζοντας την ορθή λειτουργία του χρηματοοικονομικού συστήματος σε τέτοιο βαθμό που η οικονομική ανάπτυξη και η ευημερία μειώνονται. Ένας ακόμη ορισμός του εν λόγω κινδύνου είναι η πιθανότητα μεμονωμένα γεγονότα να επεκταθούν και να βλάψουν ολόκληρο το χρηματοπιστωτικό σύστημα καθώς και την πραγματική οικονομία. Γενικότερα, ο συστημικός κίνδυνος είναι άμεσα συνδεδεμένος με τρεις σημαντικές έννοιες: το μέγεθος του κάθε οργανισμού και κατ' επέκταση το μέγεθος του κλάδου, την διασύνδεση των ιδρυμάτων και τέλος την υποκατάσταση. Αναλυτικότερα, ο όγκος των υπηρεσιών που παρέχεται από ένα χρηματοοικονομικό ίδρυμα έχει άμεση σχέση με το συστημικό κίνδυνο. Συνήθως, όσο πιο μεγάλος είναι ένας οργανισμός (δεδομένου τις υπηρεσίες που παρέχει) τόσο πιο αυξημένος εμφανίζεται να είναι ο συγκεκριμένος κίνδυνος. Επιπλέον, οι διασυνδέσεις μεταξύ των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων, μέσω διάφορων επιχειρησιακών σχέσεων ή με την ταχύτητα διάδοσης της πληροφορήσης, αυξάνουν τον κίνδυνο μετάδοσης ενός γεγονότος (domino effects). Εν συνεχεία, η υποκατάσταση αφορά τις υπηρεσίες που διαθέτουν οι οργανισμοί στους επενδυτές, δηλαδή ο βαθμός στον οποίο άλλα ιδρύματα του ίδιου συστήματος παρέχουν παρόμοιες υπηρεσίες σε μία οικονομία, που χαρακτηρίζεται από ύφεση. Επομένως, οι δραστηριότητες των επιμέρους χρηματοοικονομικών ιδρυμάτων μπορεί να μην χαρακτηρίζονται από υψηλό συστημικό κίνδυνο, όμως αθροιστικά, όταν εμφανίζεται μία ύφεση, ο εν λόγω κίνδυνος αυξάνεται σε υψηλά επίπεδα.

Ένας χρηματοοικονομικός οργανισμός χαρακτηρίζεται ως συστημικός εάν η αποτυχία του να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις του προς τους πιστωτές και τους πελάτες του θα έχει σημαντικές αρνητικές συνέπειες για το χρηματοοικονομικό σύστημα και την ευρύτερη οικονομία, δηλαδή η αποτυχία του οργανισμού μπορεί να είναι η αιτία για μία οικονομική διαταραχή. Τα μέτρα του συστημικού κινδύνου συνδέονται άμεσα με χρεοκοπημένες εταιρείες ή εταιρείες που βρίσκονται κοντά στην πτώχευση και οι επιπτώσεις από μία μείωση της αξίας της καθαρής θέσης για εταιρείες με υψηλή μόχλευση, είναι αναπόφευκτες. Με άλλα λόγια, συστημικές εταιρείες, οι οποίες έχουν αναλάβει σημαντικά επίπεδα κινδύνου, είναι πιθανό να αντιμετωπίσουν μία μεγάλη έλλειψη κεφαλαίων όταν ο χρηματοοικονομικός τομέας βρεθεί σε δυσμενή κατάσταση. Έτσι, είναι σημαντικό να εξεταστεί πόσο συμβάλει

στον συστημικό κίνδυνο ενός συστήματος (διεθνές, εθνικό, τοπικό κλπ) ένα χρηματοοικονομικό ίδρυμα.

Η σημαντικότητα του κινδύνου αυτού, όπως εκφράζεται μέσα από τους ορισμούς, καθιστά αναγκαία την μέτρησή του για την πρόληψη και την αντιμετώπιση διαταραχών. Υπάρχουν διάφοροι δείκτες και μερικά μοντέλα που προσπαθούν να εκτιμήσουν και να καθορίσουν τις ποικίλες πτυχές του συστημικού κινδύνου. Πιο συγκεκριμένα, οι δείκτες χωρίζονται σε μικροοικονομικούς και μακροοικονομικούς. Όσον αφορά τους δείκτες σε μικροοικονομικό επίπεδο επικεντρώνονται στις αλληλεξαρτήσεις ανάμεσα στα χρηματοοικονομικά ιδρύματα. Αντίθετα, σε μακροοικονομικό επίπεδο δίνουν την πληροφορία σχετικά με το πόσο σημαντικές είναι οι δραστηριότητες, που επηρεάζουν το εξωτερικό περιβάλλον ενός ιδρύματος και εάν αυτές είναι ικανές να απειλήσουν τις μακροοικονομικές συνθήκες.

Για την περαιτέρω οριοθέτηση της έννοιας του συστημικού κινδύνου, οι δείκτες έχουν κατασκευαστεί βασιζόμενοι σε κάποια βασικά οικονομικά χαρακτηριστικά για να μετρήσουν τον συγκεκριμένο κίνδυνο. Αναλυτικότερα, υπάρχει μία κατηγορία δεικτών, οι οποίοι αναφέρονται σε μία μεμονωμένη εταιρεία δείχνοντας την ευαισθησία που έχει η εταιρεία αυτή στον συνολικό συστημικό κίνδυνο του συστήματος. Ένας τέτοιος δείκτης είναι ο MES (marginal expected shortfall), όπως δημοσιεύτηκε από τους Acharya, Pedersen, Philippon και Richardson τον Μάιο του 2010. Επειδή ο δείκτης μετράει την ευαισθησία μίας εταιρείας στον συνολικό κίνδυνο χαρακτηρίζεται ως μικροοικονομικού επιπέδου δείκτης.

Στην συνέχεια, άλλη μία κατηγορία των δεικτών αυτών, μπορεί να χαρακτηριστεί η συμμεταβολή και η διάδοση. Οι δείκτες, που υπάρχουν σε αυτήν την κατηγορία, λαμβάνουν τον βαθμό συμμεταβολής ανάμεσα στις αποδόσεις των μετοχών των χρηματοοικονομικών ιδρυμάτων, δηλαδή η απόδοση των μετοχών του κάθε ιδρύματος ποσοτικοποιείται και συγκρίνεται η κίνηση με κάποιο άλλο αντίστοιχο χρηματοοικονομικό ίδρυμα. Ο DCI (dynamic causality index), που είναι ένας μικροοικονομικός δείκτης, και ο AR (absorption ratio), που είναι ένας μακροοικονομικού επιπέδου δείκτης, ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Ο πρώτος δείκτης κατασκευάστηκε και δημοσιεύτηκε από τους Billio, Getmansky, Lo, Pelizzon το 2012, ενώ ο δεύτερος σχεδιάστηκε από τους Kritzman, Li, Page και Rigobon το καλοκαίρι του 2011.

Άλλη κατηγορία δεικτών είναι η διακύμανση, που σχετίζεται άμεσα με την αβεβαιότητα και την σταθερότητα ενός συστήματος. Η υπερβολική συγκέντρωση πολλών υπηρεσιών σε μία μόνο εταιρεία μπορεί να δημιουργήσει αστάθεια στην αγορά. Ο δείκτης Herfindal

βοηθάει στην εύρεση της μεγάλης συγκέντρωσης των υπηρεσιών σε μία εταιρεία και κατ' επέκταση στον εντοπισμό της μείωσης του ανταγωνισμού. Επίσης στην κατηγορία της διακύμανσης ανήκει και ο δείκτης Catfin ο οποίος χρησιμοποιείται ως ένα εναλλακτικό μέτρο VaR (Value-at-risk) για χρηματοοικονομικές επιχειρήσεις δείχνοντας την μεταβλητότητα του χρηματοπιστωτικού τομέα. Ο Catfin είναι ένας δείκτης που συνδέει το μικροοικονομικό με το μακροοικονομικό περιβάλλον των εταιρειών και έχει προταθεί από τους Allen, Bali, Tang το 2012.

Σημαντικό ρόλο στο χρηματοπιστωτικό σύστημα παίζει η ρευστότητα που έχουν τα ιδρύματα. Η έλλειψη ρευστότητας πολλές φορές αποδιοργανώνει την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος και αρκετές φορές αυτό έχει αρνητικό αντίκτυπο στην πραγματική οικονομία με την μείωση της προσφοράς χρήματος στους πολίτες από τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα μέσω των πιστώσεων. Έτσι, το 2002 ο Amihud κατασκεύασε τον μακροοικονομικό δείκτη aim (amihud illiquidity measure), που είναι ένα μέτρο ρευστότητας ομαδοποιώντας χρηματοοικονομικές επιχειρήσεις.

Δεδομένων των μετρήσεων από τους δείκτες, οι κεντρικές τράπεζες και τα θεσμικά όργανα αποφασίζουν την λήψη μέτρων σχετικά με το πώς, πότε και πόσο θα παρέμβουν στην αγορά, μία διαρκείς προσπάθεια εύρεσης του τρόπου, με τον οποίο θα επέλθει η έγκαιρη αποκατάσταση της αστάθειας. Επιπλέον, μπορούν να ανιχνευθούν προειδοποιητικά σήματα, τα οποία δίνονται από τους δείκτες, προβλέποντας κατά ένα σημαντικό ποσοστό τα σοκ λαμβάνοντας προληπτικά μέτρα. Επίσης, σημαντική είναι η συνεισφορά των δεικτών του συστημικού κινδύνου και στην αποτελεσματική εποπτεία που ασκούν τα θεσμικά όργανα τόσο σε μικροπροληπτικό όσο και σε μακροπροληπτικό επίπεδο. Εξαιτίας της ύπαρξης οικονομικών κύκλων είναι σημαντικό να υπάρχει η σχετική πληροφορία και να λαμβάνεται υπόψη η κίνηση του συστημικού κινδύνου διαχρονικά. Επιπρόσθετα, σε ένα οργανωμένο μοντέλο με διάφορους δείκτες το οποίο σήμερα κρίνεται επαρκές, αύριο γίνεται ξεπερασμένο, ως εκ τούτου πρέπει να υπάρχει μια διαχρονική, συνεχής ανάλυση με καινοτόμες ιδέες για να συμβαδίζει με τα γεγονότα. Κάθε μέτρο συστημικού κινδύνου πρέπει να κρίνεται προτού χρησιμοποιηθεί ανάλογα με την διαθεσιμότητα των δεδομένων, την ευαισθησία του μοντέλου και γενικότερα την καταλληλότητα, για την καλύτερη και αξιόπιστη ερμηνεία στις ειδικές πτυχές της χρηματοοικονομικής σταθερότητας.

## 1.2 Οι μεταβλητές

**S&P 500(sp500)**: ο δείκτης Standard & Poor's 500 αποτελεί σημείο αναφοράς για τις μετοχές εταιρειών μεγάλης κεφαλαιοποίησης στις Ηνωμένες Πολιτείες. Διαμορφώνεται από την Standard & Poor's, η οποία είναι μία εταιρεία παροχής χρηματοοικονομικών υπηρεσιών. Ο δείκτης, όπως φανερώνει και το όνομά του, περιλαμβάνει μετοχές από 500 εταιρείες, κάποιες από τις οποίες είναι εισηγμένες στο χρηματιστήριο της Νέας Υόρκης και στον NASDAQ. Επιπλέον, είναι ένας δείκτης αγοραίας αξίας, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι η αξία του υπολογίζεται βάσει της αξίας των μετοχών από τις οποίες αποτελείται. Λόγω των μετοχών από διάφορους κλάδους και τους συγκεκριμένους συντελεστές βαρύτητας που χρησιμοποιούνται για την μέθοδο υπολογισμού του, συχνά χρησιμοποιείται ως προπορευόμενος δείκτης για την πορεία των επιχειρηματικών κύκλων της οικονομίας. Τα απαιτούμενα κριτήρια για την εισαγωγή μίας μετοχής στον εν λόγω δείκτη είναι, πρώτον η προσαρμοσμένη ετήσια αξία συναλλαγών σε \$ δεδομένης της κεφαλαιοποίησης της μετοχής, δεύτερον η κεφαλαιοποίηση της μετοχής να είναι ίση ή μεγαλύτερη από 3.5 δις \$ και τρίτον ο ελάχιστος μηνιαίος όγκος συναλλαγών να ξεπερνάει της 250.000 μετοχές για τους 6 προηγούμενους μήνες από την ημέρα της αξιολόγησης της μετοχής.

**Πληθωρισμός(infl)**: είναι η ποσοστιαία μεταβολή του Δείκτη Τιμών Καταναλωτή (ΔTK). Ο συγκεκριμένος δείκτης αποτελείται από ένα αντιπροσωπευτικό καλάθι με τις βασικές καταναλωτικές συνήθειες ενός μέσου νοικοκυριού λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές των προϊόντων που περιέχονται σε αυτό. Ο πληθωρισμός είναι ένας από τους βασικούς μακροοικονομικούς δείκτες που ελέγχουν και αναλύουν τα θεσμικά όργανα διότι παίζει σημαντικό ρόλο στην μείωση ή στην αύξηση της αγοραστικής δύναμης του χρήματος αυξάνοντας ή μειώνοντας το κόστος ζωής αντίστοιχα. Η μαθηματική εξίσωση του πληθωρισμού είναι:

$$\text{πληθωρισμός}_{t+1} = \frac{\Delta TK_{t+1} - \Delta TK_t}{\Delta TK_t}$$

**Δείκτης βιομηχανικής παραγωγής(iind)**: είναι ένας οικονομικός δείκτης ο οποίος μετράει την πραγματική παραγωγή για όλες τις εγκαταστάσεις που βρίσκονται στις Ηνωμένες Πολιτείες συμπεριλαμβανομένου τα ορυχεία, τις επιχειρήσεις μεταποίησης, ηλεκτρισμού καθώς επίσης και τις εταιρείες κοινής ωφέλειας αερίου. Εκτός από την απεικόνιση της πραγματικής παραγωγής μετράει και την ανάπτυξη των δομών της οικονομίας. Ακόμη, ο εν

λόγω δείκτης καταρτίζεται σε μηνιαία βάση επικεντρώνοντας την προσοχή σε βραχυπρόθεσμες αλλαγές της βιομηχανικής παραγωγής ολόκληρης της χώρας. Κάθε βιομηχανία συνεισφέρει ανάλογα με την παραγωγή της που σταθμίζεται με το σύνολο της παραγωγής όλων των κλάδων της βιομηχανίας. Συνεπώς, όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης τόσο μεγεθύνεται η παραγωγή και το αντίστροφο.

**Επιτόκιο 3 μηνών εντόκων γραμματίων Αμερικανικού δημοσίου( $r_3$ )**: είναι το επιτόκιο από ένα βραχυπρόθεσμο χρεωστικό τίτλο διάρκειας 3 μηνών. Τα έντοκα γραμμάτια χρησιμοποιούνται κυρίως από την Κεντρική Τράπεζα για την ρύθμιση των επιτοκίων της αγοράς. Συμπεριφέρονται σαν ομόλογα με μηδενικό κουπόνι κατά τα οποία η τιμή πώλησης στην πρωτογενή αγορά είναι χαμηλότερη από την ονομαστική αξία τους και η απόδοση προέρχεται από την είσπραξη της ονομαστικής αξίας κατά την ημερομηνία λήξης των τίτλων. Χρήσιμο είναι να επισημανθεί ότι η πιθανότητα αθέτησης αποπληρωμής των εν λόγω γραμματίων από την Κεντρική Τράπεζα είναι σχεδόν μηδενική και αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι συγκεκριμένοι χρεωστικοί τίτλοι να εμφανίζονται ως σημείο αναφοράς για την απόδοση χωρίς κίνδυνο.

**Dynamic causality index (dci)**: ο δείκτης προέρχεται από τις αποδόσεις τεσσάρων υψηλά διασυνδεδεμένων κλάδων όπως είναι τα hedge funds, οι τράπεζες, οι ασφαλιστικές εταιρείες και οι brokers/dealers. Λόγω της υψηλής διασύνδεσης των παραπάνω τεσσάρων κλάδων πιθανώς να υπάρχει αύξηση του συστημικού κινδύνου μέσω ενός σύνθετου και χρονικά μεταβαλλόμενου δικτύου σχέσεων. Έτσι, με βάση τα προαναφερθέντα ο dynamic causality index είναι ένα μέτρο συνδεσιμότητας για να πιάσει την διάδοση των αποδόσεων από ένα ίδρυμα στο χρηματοοικονομικό σύστημα καθώς και το δίκτυο των σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ αυτών των ιδρυμάτων. Επομένως, εξαιτίας της αναφοράς σε μεμονωμένα ιδρύματα δηλαδή την διάχυση της σύνδεσης από το ειδικό στο γενικό, ο δείκτης χαρακτηρίζεται ως μικροοικονομικού επιπέδου. Επιπλέον, βασίζεται στον συνδυασμό δύο τεχνικών, όπως καταδεικνύει και το όνομα του, στην μέθοδο ανάλυσης κύριων συνιστωσών για την εκτίμηση της σημασίας των κοινών παραγόντων που οδηγούν τις αποδόσεις των χρηματοοικονομικών ιδρυμάτων και στην αιτιότητα κατά Granger για την στατιστική σημαντικότητα των δικτύων που αναπτύσσονται μεταξύ δύο ιδρυμάτων. Με άλλα λόγια η ανάλυση κύριων συνιστωσών εκτιμάει και ο έλεγχος της αιτιότητας κατά Granger δείχνει τον βαθμό της σύνδεσης. Έτσι, ο δείκτης έχει ως στόχο να φανερώσει τον βαθμό και τον τρόπο με τον οποίο τα

χρηματοπιστωτικά ιδρύματα διασυνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός κλάσματος, των σημαντικών σχέσεων που έρχονται από την αιτιότητα κατά Granger προς το σύνολο αυτών των σχέσεων. Δηλαδή,

$$DCI = \frac{\text{Αριθμός σημαντικών σχέσεων κατα αιτιότητα Granger}}{\text{Σύνολο σχέσεων}}$$

Με τον όρο σημαντικές σχέσεις αναφερόμαστε στις στατιστικά σημαντικές σχέσεις, δηλαδή εκείνες που παρουσιάζουν p-value μικρότερη από το 5%.

**Marginal expected shortfall (mes):** είναι ένας δείκτης ο οποίος μετράει την έκθεση της κάθε επιχείρησης σε ένα μη αναμενόμενο αρνητικό γεγονός του χρηματοοικονομικού συστήματος. Ορίζεται ως η αναμενόμενη απώλεια της καθαρής θέσης ανά δολάριο που επενδύεται στην εταιρεία εάν το σύνολο της αγοράς πέσει κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο σε ένα δεδομένο χρονικό ορίζοντα. Έτσι, υπολογίζεται ως η μέση απόδοση μιας επιχείρησης κατά την διάρκεια των x% χειρότερων ημερών της αγοράς. Ο δείκτης mes είναι απλός στον υπολογισμό του και επομένως οι ρυθμιστικές αρχές είναι εύκολο να τον εφαρμόσουν. Προ κρίσης υπήρξε μία καλή ένδειξη για την συνολική μείωση της καθαρής θέσης ορισμένων επιχειρήσεων, που τελικά την βίωσαν κατά την διάρκεια της ύφεσης. Αυτό έχει ως συνέπεια ο δείκτης να έχει την δυνατότητα πρόβλεψης της συμβολής μιας επιχείρησης στην κρίση. Επιπρόσθετα, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ένα μέτρο ευαισθησίας μιας χρηματοοικονομικής εταιρείας ως προς μία μεγάλη πτώση της αγοράς συνδέοντας τον άμεσα με τις αρνητικές αποδόσεις στην διάρκεια μίας ύφεσης που τα αρνητικά γεγονότα εμφανίζονται πιο συχνά. Επίσης, η αναφορά του σε μία οικονομική οντότητα οδηγεί στο συμπέρασμα ότι είναι ένας μικροοικονομικός δείκτης. Ο μαθηματικός τύπος είναι ο εξής:

$$MES_i = E(r_{it}/r_{mt} < C) \text{ , όπου } C \text{ είναι ένα όριο για την πτώση της αγοράς,}$$

$r_{it}$  είναι η απόδοση της εταιρείας στον χρόνο t,

$r_{mt}$  είναι η απόδοση της αγοράς στον χρόνο t

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι ο δείκτης mes μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τα επιμέρους στοιχεία ενός χαρτοφυλακίου για παράδειγμα μίας τράπεζας. Αναλυτικότερα, ένα χρηματοοικονομικό σύστημα αποτελείται από έναν αριθμό τραπεζών και ο αριθμός των τραπεζών αποτελείται από έναν αριθμό χαρτοφυλακίων, στο οποίο είναι ομαδοποιημένες διάφορες επενδύσεις. Σε αυτήν την περίπτωση, ο εν λόγω δείκτης μετράει τον κίνδυνο των

επενδύσεων που θα προστεθεί στον συνολικό κίνδυνο μιας τράπεζας όταν αυτή βρεθεί σε μία δυσμενής οικονομική κατάσταση. Οι δυνητικές απώλειες που υφίσταται μία επιχείρηση ως σύνολο σε ένα ακραίο μη αναμενόμενο γεγονός μετράται από τον δείκτη Value at Risk (VaR). Ο τύπος για τον κίνδυνο των επιμέρους επενδύσεων που συνεισφέρουν στον συνολικό κίνδυνο των τραπεζών είναι ο εξής:

$$MES_a^i = E(r_i/R \leq VaR_a) \text{ , όπου } a \text{ το επίπεδο εμπιστοσύνης (συνήθως 5\%)}$$

$R$  ο συνολικός μέσος όρος των επενδύσεων

$r_i$  η απόδοση της κάθε επένδυσης ξεχωριστά (που συνεισφέρει στον συνολικό μέσο όρο της τράπεζας)

**Absorption ratio (abr):** είναι ένας δείκτης συστημικού κινδύνου ο οποίος μας δείχνει τον βαθμό που οι αγορές είναι ενοποιημένες και στενά συνδεδεμένες μεταξύ τους. Όπως προαναφέρθηκε, όταν οι αγορές είναι άμεσα συσχετισμένες η μία με την άλλη τα αρνητικά γεγονότα διαχέονται με γρηγορότερο ρυθμό και διευρύνονται με εύκολο τρόπο. Η αναφορά στις αγορές κάνει τον δείκτη να χαρακτηρίζεται ως μακροοικονομικός. Ακόμη, η προβλεπτική ικανότητά του μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις ρυθμιστικές αρχές ως προειδοποιητικό σήμα για μία επικείμενη ύφεση στην αγορά, όπως αυτή αποδείχθηκε με την οικονομική κρίση που ξέσπασε στην αγορά των Ηνωμένων Πολιτειών. Ο εν λόγω δείκτης υπολογίζεται μέσω της μεθόδου ανάλυσης κύριων συνιστωσών σε ένα σύνολο αγορών εκτιμώντας σε ιστορική κυλιόμενη βάση την συνολική μεταβλητότητα αυτών των αγορών που εξηγείται από ένα πεπερασμένο αριθμό παραγόντων. Αποτελεί ένα αξιόπιστο μέτρο όσο αναφορά την ευαισθησία που παρουσιάζει μία αγορά και το πόσο εύθραυστη είναι σε ένα σοκ. Ο μαθηματικός τύπος του Absorption ratio είναι ο ακόλουθος:

$$ABR = \frac{\sum_i^n \sigma_E^2}{\sum_j^N \sigma_A^2} \text{ , όπου } \sum_i^n \sigma_E^2 \text{ είναι το σύνολο της διακύμανσης των } n \text{ αγορών,}$$

$$\sum_j^N \sigma_A^2 \text{ είναι το σύνολο της διακύμανσης των } N$$

περιουσιακών στοιχείων που βρίσκονται στις αγορές

Όταν αυξάνεται ο δείκτης έχουμε αύξηση του επιπέδου του συστημικού κινδύνου διότι οι αγορές από τις οποίες προέρχεται ο κίνδυνος είναι περισσότερο στενά συνδεδεμένες μεταξύ τους. Αντίθετα, όταν ο δείκτης παρουσιάζει μείωση τότε έχουμε μειωμένο επίπεδο συστημικού κινδύνου το οποίο σημαίνει ότι οι αγορές δεν παρουσιάζουν μεγάλη συσχέτιση μεταξύ τους εμφανίζοντας ανομοιογένεια.

**Amihud illiquidity measure (aim)**: είναι ένας δείκτης συστημικού κινδύνου ο οποίος δίνει την πληροφορία σχετικά με την ύπαρξη ή έλλειψη ρευστότητας στην αγορά. Ο μακροοικονομικός δείκτης aim δίνεται από τον εξής μαθηματικό τύπο:

$$AIM = \frac{r_{iyd}}{vold_{iyd}}, \text{ όπου } r_{iyd} \text{ η απόδοση των μετοχών } i \text{ την ημέρα } d \text{ του έτους } y,$$

$vold_{iyd}$  ο ημερήσιος όγκος συναλλαγών της μετοχής  $i$  την ημέρα  $d$  του έτους  $y$

Η συγκεκριμένη αναλογία δίνει την μεταβολή της τιμής ανά χρηματική μονάδα ημερήσιου όγκου συναλλαγών. Ακόμη, μπορεί να υπολογισθεί και ο μέσος όρος έλλειψης ρευστότητας για  $N$  αριθμό μετοχών για ένα συγκεκριμένο έτος. Πιο συγκεκριμένα:

$$Av. AIM = \frac{1}{N_y} \sum_{t=1}^{N_y} AIM_{iy}, \text{ όπου } N_y \text{ ο αριθμός των μετοχών το έτος } y$$

Λόγω της διαφοράς από χρόνο σε χρόνο που εμφανίζει η μέση έλλειψη ρευστότητας χρήσιμος θα ήταν και ο υπολογισμός του προσαρμοσμένου μέσου. Αναλυτικότερα:

$$AIM_{mov. av.} = \frac{AIM_{iy}}{Av. AIM_y}$$

Ο συγκεκριμένος δείκτης έχει άμεσο αντίκτυπο στις προσδοκίες των επενδυτών και στην αναμενόμενη έλλειψη ρευστότητας των επενδύσεων. Ειδικότερα, η υπερβάλλουσα απόδοση των μετοχών (risk premium) επηρεάζεται από την αναμενόμενη χρησιμότητα, η οποία με την σειρά της επηρεάζεται από τις προτιμήσεις του επενδυτή και την αποστροφή του ως προς τον κίνδυνο. Έτσι, η διαμόρφωση του χαρτοφυλακίου εξαρτάται από τον βαθμό αποστροφής του κινδύνου του επενδυτή και την αποζημίωση που θα λάβει για την ανάληψη αυτού του ρίσκου. Η υπερβάλλουσα απόδοση, σύμφωνα με διάφορες έρευνες, θεωρείται μία αποζημίωση για τον κίνδυνο που αναλαμβάνει ο επενδυτής, η οποία όμως θα πρέπει να περιέχει και την αναμενόμενη έλλειψη ρευστότητας. Με άλλα λόγια, η έλλειψη ρευστότητας και η υπερβάλλουσα απόδοση είναι δύο μεγέθη που παρουσιάζουν αύξουσα συνάρτηση, δηλαδή όταν αυξάνεται η έλλειψη ρευστότητας τότε αυξάνεται και η υπερβάλλουσα απόδοση της επένδυσης. Έχοντας, λοιπόν, μία ήδη πραγματοποιηθείσα αύξηση της έλλειψης ρευστότητας σε ένα επενδυτικό χαρτοφυλάκιο ή γενικότερα σε μία αγορά οι επενδυτές θα αναμένουν μία περαιτέρω αύξηση της έλλειψης της ρευστότητας ζητώντας μεγαλύτερη υπερβάλλουσα απόδοση ως αντιστάθμισμα για τον αναληφθέντα κίνδυνο. Επομένως, η υπερβάλλουσα απόδοση θα δίνεται από τον τύπο:



$r_p = r'_m - r_f$  , όπου  $r'_m$  η απόδοση της αγοράς, εμπεριέχοντας την απόδοση για την αναμενόμενη έλλειψη ρευστότητας και  $r_f$  η απόδοση της επένδυσης χωρίς κίνδυνο.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Γενική Μορφή Μοντέλου

Η επιλογή του δείγματος πραγματοποιήθηκε με γνώμονα την συλλογή στοιχείων από ένα ευρύ φάσμα του χρηματοοικονομικού κλάδου για την όσο το δυνατόν καλύτερη και αξιόπιστη εξαγωγή αποτελεσμάτων. Το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα για το οποίο συλλέχθηκαν δεδομένα είναι διάρκειας 42 ετών (από το 1970 έως και το 2011) και οι παρατηρήσεις είναι σε μηνιαία βάση προκειμένου να λάβουμε μία ολοκληρωμένη και αληθοφανή εικόνα σχετικά με την πορεία των δεικτών. Επιπλέον, οι χρηματιστηριακές και μακροοικονομικές μεταβλητές αντλήθηκαν από την βάση δεδομένων της Κεντρικής Τράπεζας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής FRED (Federal Reserve Economic Data).

Η ανάλυση του μοντέλου στηρίζεται στις αλληλεπιδράσεις και στις συσχετίσεις που υπάρχουν ανάμεσα στις μακροοικονομικές μεταβλητές, στους δείκτες του χρηματιστηρίου και στις μεταβλητές που αναφέρονται στον συστημικό κίνδυνο. Πιο συγκεκριμένα, η γενική μορφή του μοντέλου παρουσιάζεται σε επίπεδο διανυσμάτων. Έτσι, η μαθηματική απεικόνιση έχει ως εξής:

$$X_t = A_0 + A_1 X_{t-j} + A_2 [\text{systemic risk factors}]_t + u_t ,$$

όπου  $j=1,2,\dots$  και  $t=1,2,\dots$  με  $t \neq j$

$$X = [sp500, infl, iind, r_3]$$

$$\text{systemic risk factors} = [dci, mes, abr, aim]$$

Η ανάλυση της συμπεριφοράς των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με την κατάλληλη χρήση διάφορων υποδειγμάτων ανάλογα με τα εξαγόμενα αποτελέσματα, χρησιμοποιώντας εξωγενείς και ενδογενείς μεταβλητές. Εξωγενείς μεταβλητές χαρακτηρίζονται εκείνες οι μεταβλητές οι οποίες προσδιορίζονται εκτός του υποδείγματος και στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι οι εξής: Amihud illiquidity measure (aim), dynamic causality index (dci), marginal expected shortfall (mes) και absorption ratio (abr). Αντίθετα, ενδογενείς είναι οι μεταβλητές οι οποίες καθορίζονται μέσα στο υπόδειγμα και στην εν λόγω ανάλυση είναι οι: S&P 500 (sp500), πληθωρισμός (infl), δείκτης βιομηχανικής παραγωγής (iind) και το τρίμηνο επιτόκιο εντόκων γραμματίων Αμερικάνικου δημοσίου ( $r_3$ ).



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Μεθοδολογική Ανάλυση

#### 3.1 Στατιστική προσέγγιση

Στατιστική είναι εκείνη η επιστήμη η οποία βοηθάει τους ανθρώπους στην λήψη αποφάσεων καθώς απεικονίζει διάφορα χαρακτηριστικά της καθημερινότητας με δεδομένα, αφού προηγουμένως έχουν συλλεχθεί, επεξεργαστεί και παρουσιαστεί τα κατάλληλα στοιχεία. Η απεικόνιση των στοιχείων έχει βρει μεγάλη απήχηση στον χώρο της επιστήμης των οικονομικών διότι ο ερευνητής κοιτώντας τα δεδομένα μπορεί εύκολα και γρήγορα να αντιληφθεί την ποιότητα και την ποσότητα αυτών. Τα δεδομένα προέρχονται μέσα από ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα και μέσω της στατιστικής ανάλυσης γίνεται η προσπάθεια να εξαχθούν χρήσιμα και αξιόπιστα αποτελέσματα για το σύνολο ενός πληθυσμού. Έτσι, καθίσταται αναγκαίο στην παρούσα ανάλυση να παρουσιασθούν παρακάτω ορισμένα στατιστικά μέτρα που θα δώσουν μία πρώτη εικόνα σχετικά με τις εξεταζόμενες μεταβλητές, τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά.

#### 3.2 Στοχαστική διαδικασία

Όλες οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση περιέχουν μία σειρά δεδομένων τα οποία είναι διατεταγμένα κατά αύξουσα χρονική διάταξη έχοντας ως αποτέλεσμα όλες οι μεταβλητές να χαρακτηρίζονται χρονολογικές σειρές. Επίσης, εξαιτίας των τιμών των μεταβλητών οι οποίες είναι ευάλωτες σε διακυμάνσεις λόγω της τυχαιότητας, οι μεταβλητές ονομάζονται τυχαίες μεταβλητές. Μία τυχαία μεταβλητή μπορεί να λάβει ένα σύνολο τιμών που η κάθε τιμή αντιστοιχεί σε μία πιθανότητα ή σε μία πυκνότητα πιθανότητα. Ως εκ τούτου η συλλογή τυχαίων μεταβλητών διατεταγμένων στο χρόνο δημιουργούν την στοχαστική διαδικασία. Η πραγματοποίηση στα στοιχεία χρονολογικών σειρών χρησιμοποιείται για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την στοχαστική διαδικασία, όπως γίνεται με το δείγμα στα διαστρωματικά στοιχεία για την εξαγωγή συμπεράσματος σχετικά με τον πληθυσμό.

### 3.3 Συσχέτιση μεταβλητών

Για να υπάρξει η δυνατότητα να εκφραστεί με αντικειμενικό τρόπο ο βαθμός μιας γραμμικής μεταβολής δύο μεταβλητών και να μπορέσει να γίνει η σύγκριση με μία άλλη γραμμική μεταβολή διαφορετικών μεταβλητών χρησιμοποιείται ο συντελεστής συσχέτισης. Έτσι, ο συντελεστής συσχέτισης είναι ένας καθαρός αριθμός, ο οποίος δείχνει την ύπαρξη, τον βαθμό και την κατεύθυνση μιας γραμμικής σχέσης. Όσο πιο μεγάλος είναι σε απόλυτο μέγεθος τόσο πιο κοντά τα ζεύγη των παρατηρήσεων βρίσκονται σε μία νοητή γραμμή. Η κατεύθυνση φαίνεται από το πρόσημο που λαμβάνει ο συντελεστής και πληροφορεί σχετικά με την αρνητική ή θετική κλίση της νοητής γραμμής. Επιπλέον, το εύρος τιμών κινείται από το -1 έως το 1 ( $-1 \leq \rho \leq 1$ ). Αν το  $\rho=1$  τότε έχουμε τέλεια θετική γραμμική συσχέτιση, εάν το  $\rho=-1$  τότε έχουμε τέλεια αρνητική συσχέτιση και αν το  $\rho=0$  τότε ο συντελεστής δεν μπορεί να πιάσει μία γραμμική σχέση και οι μεταβλητές είναι ανεξάρτητες. Ο υπολογισμός του γίνεται μέσω του ακόλουθου τύπου:

$$\rho = Corr(X, Y) = \frac{Cov(X, Y)}{\sqrt{Var(X)}\sqrt{Var(Y)}}$$
, όπως μπορεί να διαπιστωθεί και από τον τύπο, το πρόσημο του συντελεστή προσδιορίζεται από την συνδιακύμανση των δύο μεταβλητών.

### 3.4 Στασιμότητα

Η ύπαρξη χρονολογικών σειρών απαιτεί την εξέταση για την ύπαρξη ή μη στάσιμων στοχαστικών διαδικασιών. Πιο συγκεκριμένα, μία στάσιμη σειρά θεωρείται η σειρά κατά την οποία η μέση τιμή και η διακύμανση παραμένουν σταθερές διαχρονικά. Επιπλέον, η συνδιακύμανση των τιμών της μεταβλητής σε δύο χρονικές περιόδους προσδιορίζεται μόνο από τις καθεαυτού χρονικές υστερήσεις. Ακόμη, μία σειρά μπορεί να χαρακτηριστεί στάσιμη εάν οι αυτοσυσχετίσεις φθίνουν γεωμετρικά και προσεγγίζουν το μηδέν καθώς οι χρονικές υστερήσεις προσεγγίζουν το άπειρο. Οι ιδιότητες της στασιμότητας μίας σειράς είναι οι εξής:

1. Μέσος:  $E(Y_t) = \mu$
2. Διακύμανση:  $Var(Y_t) = \sigma^2 = E(Y_t - \mu)^2$
3. Συνδιακύμανση:  $Cov(Y, Y_{t+k}) = \gamma_k = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)]$

Είναι σημαντικό να δείξουμε την στασιμότητα των χρονοσειρών διότι σε αντίθετη περίπτωση μη στασιμότητας η μελέτη γίνεται μόνο για την χρονική περίοδο της ανάλυσης και όχι διαχρονικά στερούμενη της προβλεπτικής ικανότητας, αφού ο μέσος όρος και η

διακύμανση είναι ευρείες υποκειμενικές έννοιες και χρονικώς μεταβαλλόμενα μεγέθη. Όμως, η εμφάνιση της μη στασιμότητας είναι αρκετά συχνή και ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το υπόδειγμα του τυχαίου περιπάτου. Σύμφωνα με το υπόδειγμα αυτό, αν η αγορά είναι αποτελεσματική στην ασθενή της μορφή, τότε εκ των προτέρων η τιμή του αύριο θα ισούται με την τιμή του σήμερα. Ωστόσο, εκ των υστέρων η τιμή που παρατηρείται σήμερα είναι διαφορετική από την χθεσινή. Ειδικότερα,

Εκ των προτέρων:  $E(S_{t+1}) = S_t$

Εκ των υστέρων:  $E(S_{t+1}) \neq S_t$  ή  $E(S_{t+1}) = S_t + U_t$ , όπου  $U_t$  στοχαστικός όρος και

$$U_t \sim N(0,1)$$

Σύμφωνα με το υπόδειγμα του τυχαίου περιπάτου το αύριο εξαρτάται από το σήμερα συν ένα σφάλμα, το οποίο σφάλμα είναι τόσο τυχαίο όσο το καθορίζει η φύση.

### 3.5 Έλεγχος στασιμότητας

Υπάρχουν διάφοροι έλεγχοι με τους οποίους μπορούμε να συμπεράνουμε εάν μία σειρά είναι στάσιμη. Ορισμένοι από αυτούς είναι διαγραμματική και άλλοι στηρίζονται σε ελέγχους υποθέσεων. Αρχικά, μία πρώτη ένδειξη μπορεί να αντληθεί από την γραφική απεικόνιση της χρονολογικής σειράς και πιο συγκεκριμένα η εμφάνιση μιας ανοδικής τάσης είναι ένα γεγονός το οποίο ίσως σηματοδοτεί την μη στασιμότητα της σειράς αυτής. Επομένως, η γραφική απεικόνιση αποτελεί το σημείο εκκίνησης για έναν αρχικό τυπικό έλεγχο της στασιμότητας. Στην συνέχεια, σημαντική πληροφορία σχετικά με την στασιμότητα μπορεί να εξαχθεί και από το διάγραμμα αυτοσυσχέτισης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω.

Αναλυτικότερα, ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης σε μία στάσιμη σειρά για διάφορες χρονικές υστερήσεις θα κυμαίνεται γύρω από το μηδέν, ενώ αντίθετα σε μία μη στάσιμη σειρά ο συντελεστής θα παρουσιάζει υψηλές τιμές για διάφορες χρονικές υστερήσεις. Όσον αφορά στους ελέγχους που γίνονται για την εύρεση της στασιμότητας ο πλέον διαδεδομένος είναι ο έλεγχος μοναδιαίας ρίζας. Σύμφωνα με αυτόν τον έλεγχο, έχουμε την εξής σχέση:  $Y_t = \gamma Y_{t-1} + U_t$  (3.1). Αν  $\gamma=1$  τότε η σειρά είναι ένας τυχαίος περίπατος και είναι μη στάσιμη. Οπότε αρκεί να εκτιμήσουμε την παραπάνω σχέση ελέγχοντας την υπόθεση αν  $\gamma=1$ . Αυτό όμως πρέπει να γίνει όχι με τον συνηθισμένο έλεγχο της t-statistic αλλά με τον έλεγχο που έχουν προτείνει ο Dickey και ο Fuller. Δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον έλεγχο της t διότι ο εκτιμημένος συντελεστής της  $Y_{t-1}$  δεν ακολουθεί την t κατανομή ακόμη και σε

μεγάλα δείγματα παρουσιάζοντας σημαντική μεροληψία. Σχετικά με τον έλεγχο Dickey - Fuller από την εξίσωση (3.1) αφαιρώντας και από τα δύο μέλη την  $Y_{t-1}$  παίρνουμε:  $\Delta Y_t = (1 - \gamma)Y_{t-1} + U_t \xrightarrow{1-\gamma=\delta} \Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + U_t$  (3.2). Έτσι, γίνεται έλεγχος για την μηδενική υπόθεση εάν  $\delta=0$  έναντι της εναλλακτικής ότι  $\delta<0$ .

$H_0: \delta=0$

$H_1: \delta<0$

Αν προκριθεί η μηδενική υπόθεση τότε υπάρχει μοναδιαία ρίζα αφού  $\delta=0$  και  $\gamma=1$  και επομένως η χρονολογική σειρά είναι μη στάσιμη. Από την άλλη μεριά, αν προκριθεί η εναλλακτική υπόθεση έναντι της μηδενικής τότε  $\delta<0$  και  $\gamma<1$  οπότε η σειρά είναι στάσιμη. Ο έλεγχος των υποθέσεων πραγματοποιείται με τις κριτικές τιμές του ελέγχου  $\tau$  των Dickey και Fuller. Οι Dickey και Fuller ανέπτυξαν, επίσης, έναν ακόμη έλεγχο σε περίπτωση που ο όρος σφάλματος συσχετίζεται. Έτσι, ο επαυξημένος έλεγχος Dickey – Fuller επιτυγχάνεται εάν στην εξίσωση (3.2) προσθέσουμε τις μεταβολές από έναν αριθμό χρονικών υστερήσεων για να καταστεί ο όρος σφάλματος ασυσχέτιστος προκειμένου να λάβουμε μία αμερόληπτη εκτίμηση του συντελεστή της  $Y_{t-1}$ , δηλαδή του  $\delta$ . Έτσι η εξίσωση (3.2) τροποποιείται και γίνεται ως εξής:  $\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^n \beta_i \Delta Y_{t-i} + U_t$ . Σε αυτήν την περίπτωση, όπως και προηγουμένως, ελέγχουμε το  $\delta$  με τις ίδιες υποθέσεις και κριτικές τιμές παίρνοντας όμως μία αμερόληπτη εκτίμηση για τον συντελεστή αυτόν, εφ' όσον ο όρος σφάλματος παρουσιάζει συσχέτιση.

Μία εναλλακτική μέθοδος για τον έλεγχο της μοναδιαίας ρίζας είναι ο έλεγχος KPSS, ο οποίος προτάθηκε και πήρε το όνομά του από τους Kwiatkowski, Phillips, Schmidt και Shin το 1992. Σε αντίθεση με τον έλεγχο Dickey-Fuller, ο KPSS έχει ως μηδενική υπόθεση την στασιμότητα των χρονολογικών σειρών και ο έλεγχος πηγάζει μέσα από μία διαδικασία στην οποία χρησιμοποιείται ο πολλαπλασιαστής Lagrange. Ειδικότερα, γίνεται παλινδρόμηση της εξίσωσης:  $y_t = a + dt + r_t + u_t$  και αποθήκευση των καταλοίπων ( $u_t$ ) που προέρχονται μέσα από την OLS. Στην συνέχεια, υπολογίζεται το μερικό άθροισμα των καταλοίπων  $S_t = \sum_{i=1}^n u_i$ . Μετά, η εξίσωση:  $KPSS = T^{-2} \sum_{i=1}^T \frac{S_t^2}{S_u^2}$ , όπου  $S_u^2$  η εκτίμηση της μακροπρόθεσμης διακύμανσης των καταλοίπων που προέρχεται μέσα από μία συνάρτηση, που ονομάζεται πυρήνας του Barlett. Όταν το KPSS είναι μεγάλος αριθμός σε σύγκριση με την κριτική τιμή τότε απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση και ως αποτέλεσμα η χρονολογική σειρά δεν είναι στάσιμη, έχοντας μοναδιαία ρίζα.



### 3.6 Πρόβλημα νόθου παλινδρόμησης

Σε συνέχεια του φαινομένου της στασιμότητας των χρονοσειρών εμφανίζεται το πρόβλημα της νόθου παλινδρόμησης (spurious regression), το οποίο προκύπτει εάν παλινδρομηθεί μία μεταβλητή χρονολογικής σειράς με μία άλλη μεταβλητή χρονολογικής σειράς. Πολλές φορές προκύπτει να υπάρχει ένας υψηλός συντελεστής προσδιορισμού μεταξύ των δύο μεταβλητών, ο οποίος να μην μπορεί να ερμηνευτεί με βάση την θεωρία. Με άλλα λόγια, παρόλο που ο συντελεστής προσδιορισμού είναι αρκετά υψηλός μπορεί να μην υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ των μεταβλητών που παλινδρομήθηκαν. Είναι σημαντικό να διαπιστωθεί κατά πόσο οι σχέσεις των οικονομικών μεταβλητών είναι πραγματικές ή φαινομενικές. Μία φαινομενική σχέση μεταξύ των μεταβλητών που ερευνούνται μπορεί να οδηγήσει σε μία κατάσταση νόθου παλινδρόμησης. Ένας εμπειρικός έλεγχος, σύμφωνα με τους Granger και Newbold, για την διαπίστωση μιας τέτοιας κατάστασης μπορεί να θεωρηθεί ένας χαμηλός αριθμός  $d$  των Durbin-Watson, ο οποίος να είναι μικρότερος από τον συντελεστή προσδιορισμού, δηλαδή  $d < R^2$ . Χρήσιμο θα ήταν να αναφερθεί ότι όχι μόνο ο συντελεστής προσδιορισμού δεν καταδεικνύει την ακριβή σχέση μεταξύ των μεταβλητών αλλά και η στατιστική  $t$  μαζί με την  $F$  δίνουν αναξιόπιστα αποτελέσματα. Σε μία παλινδρόμηση, η οποία γίνεται κάτω υπό σωστές συνθήκες ερμηνείας των οικονομικών μεταβλητών, ο συντελεστής των Durbin-Watson πρέπει να προσεγγίζει την τιμή 2 και ο συντελεστής προσδιορισμού να εμφανίζει μία αληθοφανή τιμή και τότε η σωστή σχέση θα είναι:  $d > R^2$ .

### 3.7 Τάση

Όπως είναι γνωστό ένα από τα χαρακτηριστικά που πιθανώς να εμφανίζουν οι χρονολογικές σειρές είναι η ύπαρξη τάσης. Υπάρχουν περίοδοι με διορθώσεις (καθοδική τάση) περίοδοι με ανοδική τάση και περίοδοι χωρίς τάση. Είναι σημαντικό για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων να εντοπιστεί η όποια ανοδική ή καθοδική πορεία μιας χρονοσειράς. Μια χρονοσειρά παρουσιάζει τάση αν για μεγάλο χρονικό διάστημα οι τιμές της τείνουν να αυξηθούν ή να μειωθούν. Υπάρχουν δύο τρόποι για τον εντοπισμό της, ο ένας εκφράζεται μέσω μιας μαθηματικής μεθόδου ενώ ο άλλος μιας εμπειρικής μεθόδου. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά την πρώτη μέθοδο προσδιορίζει την τάση μέσω μιας γραμμικής εξίσωσης που

προσομοιάζει την γραμμική παλινδρόμηση δηλαδή είναι:  $Y = a + bt + u_t$  (3.3). Αυτός ο τρόπος προσπαθεί να προσαρμόσει τα δεδομένα μιας χρονολογικής σειράς στην παραπάνω εξίσωση. Έτσι, αν το  $b$  είναι στατιστικά σημαντικό τότε υπάρχει τάση και εφόσον  $b < 0$  η τάση είναι καθοδική, εάν  $b > 0$  η τάση είναι ανοδική. Πέρα από την γραμμική εξίσωση για την εύρεση της τάσης, υπάρχει και ο εκθετικός προσδιορισμός της τάσης μέσω της εκθετικής συνάρτησης κινητών μέσων, κατά την οποία η σχέση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητης μεταβλητής δεν είναι γραμμική αλλά εκθετική και έτσι ισχύει:  $Y = a + b_1t + b_2t^2 + u_t$ . Σχετικά με την δεύτερη και εμπειρική μέθοδο χωρίζονται οι παρατηρήσεις της σειράς σε δύο ίσα μέρη βρίσκοντας τον μέσο αριθμητικό όρο από το κάθε ένα μέρος και τότε η ευθεία που διέρχεται από τους δύο αριθμητικούς μέσους δείχνει την πορεία κατεύθυνση της τάσης.

Το επόμενο βήμα μετά την εύρεση της τάσης είναι να αφαιρεθεί διότι σηματοδοτεί ότι η σειρά είναι μη στάσιμη. Αναλυτικότερα, αν η τάση μιας σειράς προσδιορίζεται από την συνάρτηση του χρόνου είτε εκθετικά είτε γραμμικά τότε ονομάζεται προσδιοριστική τάση, ενώ αν η τάση δεν μπορεί να προβλεφθεί και εξαρτάται άμεσα από τον όρο σφάλματος τότε λέγεται στοχαστική τάση. Επομένως, εάν μια χρονολογική σειρά εμφανίζει στοχαστική τάση τότε η εξάλειψή της πραγματοποιείται με τις πρώτες διαφορές κάνοντας, ταυτοχρόνως, την σειρά στάσιμη. Αντιθέτως, όταν η σειρά παρουσιάζει προσδιοριστική τάση τότε η παλινδρόμηση μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής  $Y$  και του χρόνου  $t$  θα δώσει στάσιμα κατάλοιπα. Δηλαδή, μέσω της εκτίμησης της εξίσωσης (3.3) προκύπτει ότι  $u_t = Y_t - a - bt$ , που είναι μία στάσιμη χρονική σειρά που έχει αφαιρεθεί η γραμμική τάση. Η ίδια διαδικασία ισχύει και στην αφαίρεση της εκθετικής τάσης.

### 3.8 Συνολοκλήρωση

Για να προκύψει η συνολοκλήρωση πρέπει να εξεταστεί αρχικά η ολοκλήρωση των χρονολογικών σειρών. Μία μη στάσιμη χρονοσειρά, όπως είναι εκείνη του τυχαίου περιπάτου, είναι μία στοχαστική διαδικασία που χαρακτηρίζεται ως ολοκληρωμένη διαδικασία. Όταν μία μη στάσιμη σειρά στην οποία παίρνουμε τις πρώτες διαφορές, μετατρέπεται σε στάσιμη λέμε ότι είναι ολοκληρωμένη πρώτης τάξης και συμβολίζεται ως  $I(1)$ . Εάν μία μη στάσιμη σειρά γίνεται στάσιμη εφόσον ληφθούν οι πρώτες διαφορές των πρώτων διαφορών τότε ονομάζεται ολοκληρωμένη δεύτερης τάξης  $I(2)$ . Γενικότερα, μία

χρονολογική σειρά χαρακτηρίζεται ως  $k$  τάξης ολοκληρωμένη  $I(k)$  εάν ληφθούν οι  $k$  διαφορές της και μετατραπεί σε στάσιμη.

Θεωρητικά, δύο ή περισσότερες σειρές είναι συνολοκληρωμένες εάν κινούνται μακροχρόνια προς την ίδια κατεύθυνση παρόλο που μπορεί να εμφανίζουν διαφορετική συμπεριφορά ως μεμονωμένες μεταβλητές. Η τυχαία κίνηση της μίας μεταβλητής σε σχέση με την τυχαιότητα της άλλης πιθανώς να εμφανίζουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά. Παίρνοντας την τυχαία κίνηση και των δύο μαζί μπορεί να οδηγήσει σε μία ουδέτερη κίνηση που είναι στάσιμη. Με άλλα λόγια, δύο ή περισσότερες χρονοσειρές που είναι ολοκληρωμένες πρώτης τάξης  $I(1)$  λέμε ότι συνολοκληρώνονται, εφ' όσον υπάρχει η δυνατότητα να βρεθεί ένας γραμμικός συνδυασμός αυτών των σειρών, έτσι ώστε να είναι στάσιμος  $I(0)$  χωρίς την μετατροπή σε πρώτες διαφορές. Αυτός ο γραμμικός συνδυασμός μπορεί να βρει εφαρμογή σε ένα χαρτοφυλάκιο επενδύσεων η τιμή του οποίου να είναι μία στάσιμη σειρά, δηλαδή τα στοιχεία που το συνθέτουν να συνολοκληρώνονται. Η μακροχρόνια σχέση ισορροπίας εμφανίζεται μόνο σε στάσιμες σειρές και όχι σε σειρές  $I(1)$  γιατί δεν υπάρχει μέσος όρος. Ακόμη, υπάρχει περίπτωση δύο σειρές να συνολοκληρώνονται, όμως εάν προστεθεί και μία τρίτη να μην υπάρχει συνολοκλήρωση και αυτό συμβαίνει λόγω της φύσης των μεταβλητών και της τυχαίας κίνησης. Έστω το ακόλουθο παράδειγμα:  $X_t \sim I(1)$  και  $Y_t \sim I(1)$  τότε οι δύο αυτές σειρές συνολοκληρώνονται εάν ισχύει:

$Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$  με  $u_t = Y_t - \alpha - \beta X_t$ , όπου  $u_t$  ο όρος σφάλματος όντας μία στάσιμη σειρά. Η παραπάνω σχέση ονομάζεται παλινδρόμηση συνολοκλήρωσης και τα  $\alpha$ ,  $\beta$  είναι οι συντελεστές συνολοκλήρωσης. Όσο αυξάνεται ο αριθμός των συντελεστών τόσο αυξάνεται η σταθερότητα των συνολοκληρωμένων σειρών.

### 3.9 Έλεγχος συνολοκλήρωσης

Ένας από τους πιο διαδεδομένους ελέγχους για την ύπαρξη συνολοκλήρωσης μεταξύ χρονοσειρών είναι ο έλεγχος Engle-Granger. Ο συγκεκριμένος έλεγχος χρησιμοποιεί την στασιμότητα των καταλοίπων για να δείξει εάν δύο ή περισσότερες σειρές συνολοκληρώνονται. Πιο συγκεκριμένα, διενεργείται σε 3 βήματα. Λαμβάνοντας υπόψη την προηγούμενη σχέση:  $Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$ ,

1<sup>ο</sup> βήμα: αντλούνται οι εκτιμήσεις των καταλοίπων  $u_t$  και στην συνέχεια πρέπει να ελεγχθεί εάν τα κατάλοιπα που αντλήθηκαν είναι στάσιμα μέσω της ακόλουθης παλινδρόμησης

$\Delta u_{t+1} = \beta u_t + \varepsilon_{t+1}$  και του ελέγχου της μοναδιαίας ρίζας που παρουσιάζεται μέσω του ελέγχου Dickey-Fuller παίρνοντας τις αντίστοιχες κριτικές τιμές για την στατιστική σημαντικότητα του συντελεστή  $\beta$ .

2<sup>ο</sup> βήμα: αφού πάρουμε τις εκτιμήσεις της παλινδρόμησης  $X_t = \alpha' + \beta Y_t + u'_t$  το ενδιαφέρον και πάλι επικεντρώνονται στα κατάλοιπα, όπου γίνεται η συλλογή αυτών και ελέγχεται η ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας στην εξής παλινδρόμηση:  $\Delta u'_{t+1} = \beta' u'_t + \varepsilon'_{t+1}$  με τις κριτικές τιμές των Dickey-Fuller για τον συντελεστή  $\beta'$ .

3<sup>ο</sup> βήμα: γίνεται έλεγχος και σύγκριση των αποτελεσμάτων. Με άλλα λόγια, πρέπει να διαπιστωθεί η ύπαρξη στασιμότητας και στις δύο σειρές των καταλοίπων. Σύμφωνα με αυτό, εάν  $|tstat(\beta)| > |t_{DF}|$  και  $|tstat(\beta')| > |t_{DF}|$  τότε η  $X_t$  και η  $Y_t$  συνολοκληρώνονται. Δηλαδή, αν τα κατάλοιπα που βρέθηκαν από το πρώτο και δεύτερο βήμα είναι  $I(0)$  τότε οι δύο σειρές είναι συνολοκληρωμένες.

Εξίσου σημαντική για τον έλεγχο ύπαρξης συνολοκλήρωσης είναι η μέθοδος Johansen. Ο έλεγχος Johansen είναι συντομότερος από τον Engle-Granger όταν πρέπει να ελεγχθούν ως προς την συνολοκλήρωση παραπάνω από δύο χρονολογικές σειρές. Η εξαγωγή του αποτελέσματος γίνεται με την χρήση δύο στατιστικών ελέγχων του trace test και του maximum eigenvalue test. Η πληροφορία, που προκύπτει από αυτούς τους δύο ελέγχους, συνδυάζεται και λαμβάνεται το τελικό αποτέλεσμα. Αναλυτικότερα, έχουμε τις ακόλουθες σχέσεις:

$$y_t = a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + \dots + a_n y_{t-n} + u_t \quad \text{και}$$

$$\Delta y_t = M y_{t-n} + B_1 \Delta y_{t-1} + B_2 \Delta y_{t-2} + \dots + B_{n-1} \Delta y_{t-(n-1)} + u_t$$

Όπου  $M$  είναι ο μοναδιαίος πίνακας διαστάσεων  $k \times k$  και ισχύει  $M = (\sum_{i=1}^n a_i) - I_k$  και  $B$  ο μοναδιαίος πίνακας διαστάσεων  $k \times k$  κατά τον οποίον  $B_i = (\sum_{j=1}^i a_j) - I_k$ .

Ο έλεγχος συνολοκλήρωσης ανάμεσα στις μεταβλητές υπολογίζεται από την εμφάνιση της τάξης του πίνακα  $M$  μέσω των ιδιοτιμών. Δηλαδή, η τάξη του πίνακα ισούται με τις ιδιοτιμές και επιπλέον, αν οι μεταβλητές συνολοκληρώνονται τότε οι ιδιοτιμές<sup>1</sup> είναι διάφορες του μηδενός. Οι εξισώσεις στις οποίες βασίζεται ο εν λόγω έλεγχος είναι οι εξής:

$$\lambda_{trace}(r) = -T \sum_{i=r+1}^k \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (3.4) \quad \text{και}$$

<sup>1</sup> Ιδιοτιμή ενός γραμμικού μετασχηματισμού  $A$  είναι η μεταβολή στο μέτρο ή και στην φορά ενός διανύσματος που μένει αναλλοίωτο ως προς την διεύθυνση, κάτω από τον μετασχηματισμό  $A$ .

$$\lambda_{max}(r, r + 1) = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1}) \quad (3.5)$$

Όπου  $r$  ο αριθμός των συνολοκληρωμένων διανυσμάτων υπό την μηδενική υπόθεση (τάξη πίνακα  $M$ ) και  $\hat{\lambda}_r$  η εκτίμηση των τιμών για τις ιδιοτιμές του πίνακα  $M$ . Σύμφωνα με την (3.4) ως μηδενική υπόθεση ορίζεται ότι υπάρχει ένας αριθμός συνολοκληρωμένων διανυσμάτων που είναι μικρότερος ή ίσος από την τάξη του πίνακα  $r$  ( $H_0$ : συνολοκληρωμένα διανύσματα  $\leq r$ ) έναντι της εναλλακτικής κατά την οποία ο αριθμός των συνολοκληρωμένων διανυσμάτων είναι μεγαλύτερος από το  $r$ . Όσον αφορά, την μηδενική υπόθεση της εξίσωσης (3.5) ο αριθμός των συνολοκληρωμένων διανυσμάτων ισούται με την τάξη του πίνακα ( $H_0$ : συνολοκληρωμένα διανύσματα  $= r$ ) έναντι της εναλλακτικής η οποία ορίζεται ως  $H_a$ : συνολοκληρωμένα διανύσματα  $= r + 1$ . Η διαδικασία του ελέγχου ξεκινάει παίρνοντας  $x$  ιδιοτιμές και τότε διαδοχικά ελέγχετε η μηδενική υπόθεση αν απορρίπτεται πηγαίνοντας στην επόμενη ιδιοτιμή ελέγχοντας πάλι την μηδενική υπόθεση συνεχίζοντας την συγκεκριμένη διαδικασία μέχρις ότου να μην μπορεί να απορρίψει την  $H_0$ . Η μηδενική υπόθεση των δύο ελέγχων είναι η μη ύπαρξη συνολοκληρωμένης σχέσης μεταξύ των μεταβλητών και ως εκ τούτου για να καταλήξουμε στην συνολοκλήρωση πρέπει να προκριθεί η εναλλακτική υπόθεση. Έτσι, αν ο πίνακας  $M$  αποδειχθεί μη στατιστικά σημαντικός σημαίνει ότι οι πρώτες διαφορές των μεταβλητών εξαρτώνται μόνο από τις παρελθοντικές τιμές αυτών ( $\Delta y_{t-1}$ ) και όχι από τις παρελθοντικές τιμές των απλών μεταβλητών ( $y_{t-1}$ ). Επομένως, σε αυτήν την περίπτωση δεν υπάρχει μακροχρόνια σχέση μεταξύ των στοιχείων  $y_{t-1}$  άρα δεν συνολοκληρώνονται.

### 3.10 Αιτιότητα κατά Granger

Η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων βοηθάει στον εντοπισμό μιας σχέσης (γραμμικής ή μη) μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, όμως δεν μπορεί να διαπιστώσει την κατεύθυνση αυτής της σχέσης. Για τον λόγο αυτό, ο Granger ανέπτυξε μία μέθοδο η οποία προσδιορίζει την κατεύθυνση και τον επηρεασμό των μεταβολών από κάθε μεταβλητή. Αναλυτικότερα, μέσω της αιτιότητας κατά Granger υπάρχει η δυνατότητα να διαπιστωθεί εάν το παρελθόν μιας συγκεκριμένης μεταβλητής προκαλεί το παρόν ή το μέλλον μιας άλλης μεταβλητής. Σε αυτό το σημείο να σημειωθεί ότι η αιτιότητα εμφανίζεται μόνο σε χρονολογικές σειρές και όχι σε διαστρωματικά δεδομένα. Έστω ότι έχουμε τις δύο χρονοσειρές  $X_t$  και  $Y_t$  για να ελεγχθεί η αιτιότητα κατά Granger πρέπει να ακολουθηθούν τα

εξής:  $\Delta Y_t = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_i \Delta X_{t-i} + \varepsilon_t$ . Ακολούθως, ελέγχεται η μηδενική υπόθεση ότι όλοι οι συντελεστές  $\beta_i$  είναι ταυτόχρονα 0 με την εναλλακτική ότι τουλάχιστον ένα  $\beta_j$  είναι διάφορο του 0 για κάθε  $j=1,2,\dots$ . Ο συγκεκριμένος έλεγχος πραγματοποιείται με την F για ένα υποσύνολο των συντελεστών του υποδείγματος. Εάν προκριθεί η μηδενική υπόθεση τότε η  $X_t$  δεν προκαλεί την  $Y_t$ , στην αντίθετη περίπτωση η  $X_t$  προκαλεί την  $Y_t$ . Με τον ίδιο τρόπο ελέγχετε και εάν η  $Y_t$  προκαλεί την  $X_t$  μέσω της παλινδρόμησης:

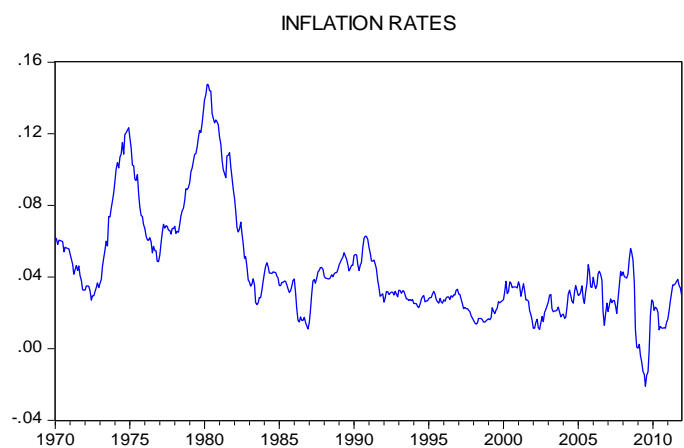
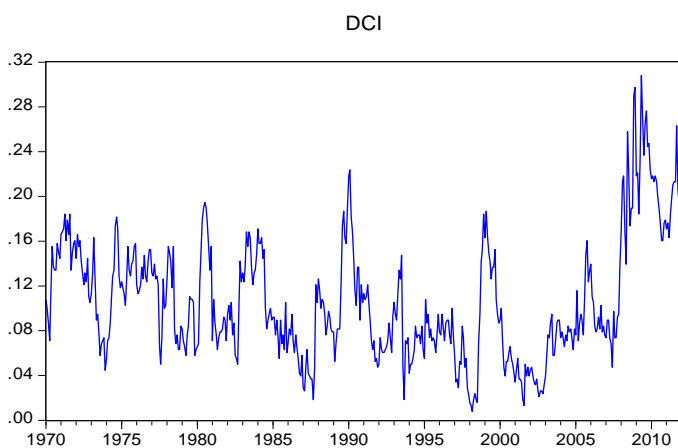
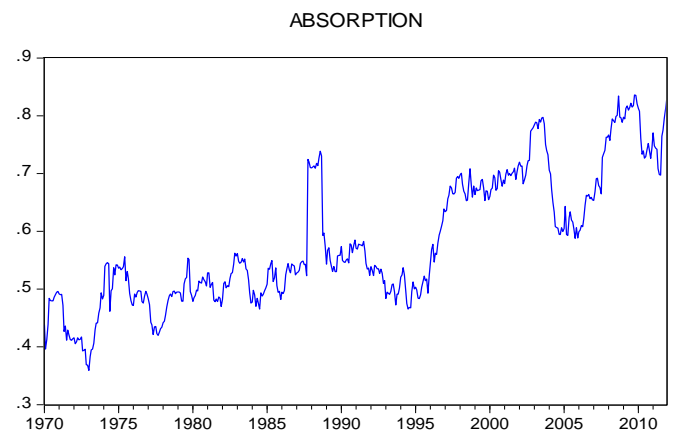
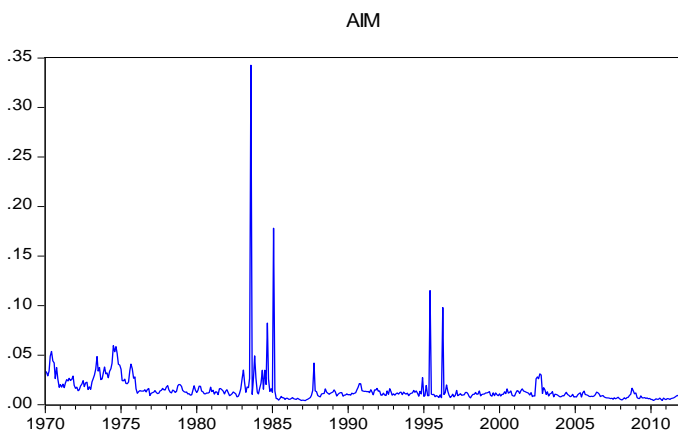
$\Delta X_t = \gamma_0 + \sum_{i=1}^k \gamma_i \Delta X_{t-i} + \sum_{i=1}^k \delta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$ . Αν απορριφθούν και οι δύο μηδενικές υποθέσεις τότε λέμε ότι υπάρχει αμφίδρομη αιτιότητα μεταξύ των δύο αυτών σειρών. Αντίθετα αν προκριθούν και οι δύο μηδενικές υποθέσεις τότε δεν έχουμε καμία αιτιότητα μεταξύ των δύο χρονοσειρών.

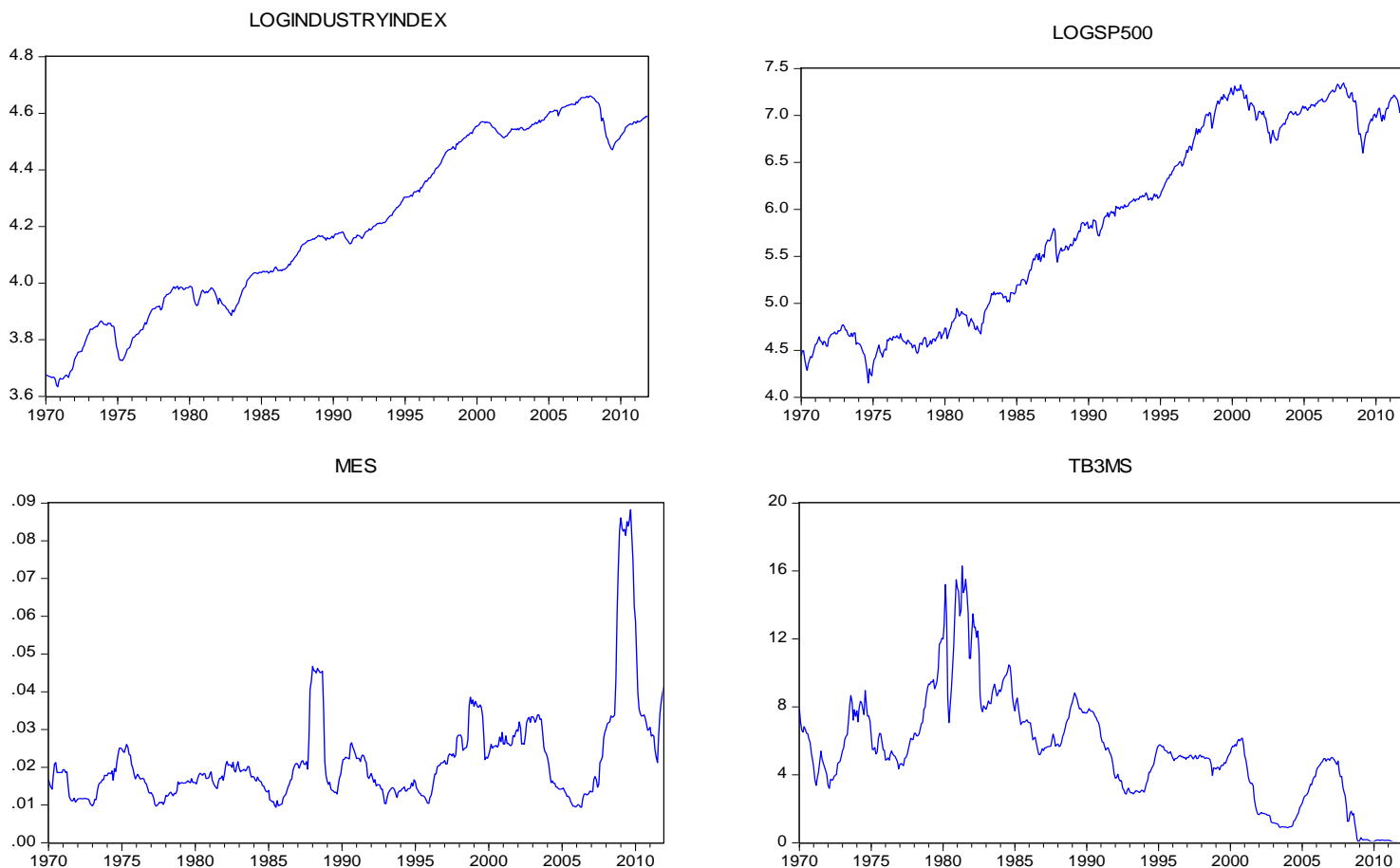
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Εμπειρική Ανάλυση

#### 4.1 Γραφική απεικόνιση μεταβλητών

Αρχικά, παρατηρείται μεγάλη απόκλιση των τιμών ανάμεσα στα δεδομένα των μεταβλητών οπότε θα πρέπει να μετατραπούν σε λογάριθμο ορισμένες από τις μεταβλητές ούτως ώστε να γίνουν συγκρίσιμες οι τιμές των μεταβλητών. Η συνάρτηση του λογαρίθμου είναι πλέον κατάλληλη για αυτήν την ενέργεια καθώς διατηρείται η μονοτονία της αρχικής συνάρτησης και ως εκ τούτου δεν χάνεται η πληροφορία που υπάρχει στα δεδομένα.





**Διάγραμμα 4.1**

**Διαγραμματική απεικόνιση των μεταβλητών**

Από την γραφική απεικόνιση των μεταβλητών μπορεί να εξαχθεί ένα οπτικό συμπέρασμα σχετικά με την στασιμότητα και την τάση που παρουσιάζουν κάποια από τα στοιχεία. Πιο συγκεκριμένα, μέσω των διαγραμμάτων διαπιστώνεται ότι οι λογάριθμοι τόσο του βιομηχανικού δείκτη όσο και του δείκτη S&P 500 δεν είναι στάσιμες χρονολογικές σειρές. Επιπλέον, ο δείκτης absorption πιθανώς να παρουσιάζει μία διαχρονική αυξητική τάση. Επίσης, τα διαγράμματα αυτοσυσχέτισης μας δίνουν μία καλύτερη εικόνα σχετικά με την στασιμότητα ή μη των χρονοσειρών. Με άλλα λόγια, μία σειρά είναι μη στάσιμη όταν ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης μειώνεται καθώς αυξάνονται οι χρονικές υστερήσεις. Όπως με την γραφική παράσταση των δεδομένων των μεταβλητών έτσι και τα διαγράμματα αυτοσυσχέτισης δίνουν μία εικόνα μη στασιμότητας για τις σειρές S&P 500 και



βιομηχανικού δείκτη. Για την επιβεβαίωση και την λεπτομερέστερη ανάλυση σχετικά με την στασιμότητα πραγματοποιείται παρακάτω ο έλεγχος μοναδιαίας ρίζας.

## 4.2 Στατιστική ανάλυση των μεταβλητών

Σε αυτό το σημείο, συγκεντρώνονται τα κυριότερα στατιστικά στοιχεία των μεταβλητών (με την βοήθεια του προγράμματος Eviews 8) που χρησιμοποιούνται για την έρευνα λαμβάνοντας με αυτόν τον τρόπο μία πρώτη αναλυτική εικόνα σχετικά με τα δεδομένα.

Αρχικά, σημαντικό μέγεθος ως προς την εξέταση των μεταβλητών αποτελεί η μέση τιμή αυτών, καθώς μπορεί εύκολα να διαπιστωθεί η κίνηση της κάθε μεταβλητής κατά μέσο όρο στο εξεταζόμενο χρονικό διάστημα. Έτσι, ο αστάθμητος μέσος αριθμητικός έχει ως αντικειμενικό σκοπό την αντιπροσώπευση ενός πληθυσμού με μόνο μία παράμετρο, η οποία δίνει το σημείο στο οποίο τείνουν να συγκεντρωθούν οι τιμές της μεταβλητής.

Όταν, όμως, τα δεδομένα μίας μεταβλητής παρουσιάζουν μεγάλη ανομοιογένεια τότε σημαντικό είναι να εξεταστεί και η διασπορά αυτών. Γι' αυτόν τον λόγο, πραγματοποιείται η λήψη τόσο του μέγιστου όσο και του ελάχιστου κάθε μεταβλητής προκειμένου να διαπιστωθεί το εύρος μεταβολής των τιμών της μεταβλητής. Έπειτα, ένα ακόμη σημαντικό μέτρο είναι η τυπική απόκλιση που φανερώνει την διασπορά στο σύνολο των τιμών. Όσο μεγαλύτερη είναι η τυπική απόκλιση, τόσο μεγαλύτερη είναι η διασπορά των παρατηρήσεων γύρω από την μέση τιμή και το αντίστροφο. Ιδιαίτερη σημασία έχει η τυπική απόκλιση όταν υπάρχει αναφορά στην στατιστική σημαντικότητα των μεταβλητών μέσα σε ένα μοντέλο καθώς επηρεάζει τόσο το διάστημα εμπιστοσύνης όσο και τον έλεγχο υποθέσεων.

Επιπρόσθετα, στον παρακάτω πίνακα φαίνονται η κύρτωση και η ασυμμετρία των μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα, συμμετρική κατανομή είναι η κατανομή στην οποία οι τιμές τοποθετούνται συμμετρικά γύρω από την μέση τιμή και αυτό δίνει την δυνατότητα να εξεταστεί μέσω του συντελεστή ασυμμετρίας. Επομένως, όσο ο συντελεστής ασυμμετρίας είναι κοντά στο 0 τόσο πιο συμμετρική είναι η κατανομή και όσο ο συντελεστής απομακρύνεται από το 0 τόσο η ασυμμετρία γίνεται εντονότερη. Επιπλέον, όταν η ασυμμετρία είναι μεγαλύτερη του 0, υπάρχει θετική ασυμμετρία, ενώ όταν είναι μικρότερη του μηδενός αρνητική. Ακολούθως, η κύρτωση μιας κατανομής μετράει τον βαθμό συγκέντρωσης των παρατηρήσεων της μεταβλητής στην περιοχή της μέσης τιμής και δίνεται από τον συντελεστή κύρτωσης. Έτσι, όταν ο συντελεστής πλησιάζει την τιμή 3 η καμπύλη

μοιάζει στην κανονική κατανομή και ονομάζεται μεσόκυρτη, ενώ όταν ο συντελεστής λάβει τιμές μικρότερες του 3 η κατανομή ονομάζεται πλατύκυρτη και όταν παίρνει τιμές μεγαλύτερες του 3 λέγεται ότι υπάρχει λεπτόκυρτη κατανομή.

**Πίνακας 4.1**  
**Στατιστικά στοιχεία των μεταβλητών**

	Μέση τιμή (mean)	Μέγιστο (max)	Ελάχιστο (min)	Τυπική απόκλιση (st. dev.)	Ασυμμετρία (skewness)	Κύρτωση (kurtosis)
<b>Absorption</b>	0.581	0.836	0.359	0.112	0.482	2.195
<b>Aim</b>	0.015	0.342	0.004	0.019	10.758	160.911
<b>Dci</b>	0.106	0.308	0.007	0.053	0.823	3.573
<b>Industry index</b>	73.531	106.680	37.832	22.267	0.048	1.460
<b>Inflation rates</b>	0.041	0.147	-0.021	0.030	1.384	4.777
<b>Mes</b>	0.022	0.088	0.009	0.013	2.837	12.992
<b>S&amp;p 500</b>	706.467	2297.42	63.54	613.432	0.686	2.308
<b>r<sub>3</sub></b>	4.829	16.3	0.01	3.412	0.532	3.342

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι μόνο ο βιομηχανικός δείκτης παραγωγής έχει συμμετρία η οποία προσεγγίζει σε μεγάλο βαθμό την κανονική κατανομή ενώ οι άλλες μεταβλητές παρουσιάζουν έντονη ασυμμετρία με κυρίαρχη τον δείκτη aim. Επιπλέον, όλες οι μεταβλητές του συγκεκριμένου μοντέλου εμφανίζουν θετική ασυμμετρία. Ακολούθως, οι μεταβλητές r<sub>3</sub> και Dci έχουν κύρτωση κοντά στην τιμή 3 οπότε εμφανίζουν μεσόκυρτη κατανομή. Λεπτόκυρτες κατανομές παρουσιάζουν οι μεταβλητές Mes, ο δείκτης πληθωρισμού και ο Aim όπου ο συντελεστής κύρτωσης είναι μεγαλύτερος από την τιμή 3. Αντίθετα, οι μεταβλητές S&p 500, ο βιομηχανικός δείκτης παραγωγής καθώς και ο Absorption έχουν πλατύκυρτες κατανομές με κύρτωση μεγαλύτερη του 3. Ακόμη, από τον πίνακα φαίνεται ότι την μεγαλύτερη διασπορά εμφανίζει ο δείκτης S&p 500 με μία μεγάλη τυπική απόκλιση και με το μεγαλύτερο εύρος μεταβολής. Από την άλλη μεριά, μικρότερη τυπική απόκλιση διαπιστώνεται ότι έχει η μεταβλητή Mes, η οποία έχει και το μικρότερο εύρος μεταβολής. Γίνεται αντιληπτό ότι τα δύο μέτρα διασποράς οδηγούν στο ίδιο ακριβώς συμπέρασμα.

### 4.3 Συσχέτιση μεταβλητών

Πίνακας 4.2

#### Συσχέτιση των μεταβλητών

	Absorption	Aim	Dci	Industry index	Inflation rates	Mes	SP500	TB3MS
Absorption	1.000000	-0.217822	0.141983	0.829961	-0.476305	0.726349	0.799910	-0.580472
Aim	-0.217822	1.000000	0.023381	-0.273158	0.155929	-0.106825	-0.253803	0.194889
Dci	0.141983	0.023381	1.000000	-0.040562	0.032227	0.436163	-0.004917	-0.200237
Industry index	0.829961	-0.273158	-0.040562	1.000000	-0.574567	0.382223	0.968673	-0.608796
Inflation rates	-0.476305	0.155929	0.032227	-0.574567	1.000000	-0.329827	-0.563084	0.692175
Mes	0.726349	-0.106825	0.436163	0.382223	-0.329827	1.000000	0.356218	-0.411944
SP500	0.799910	-0.253803	-0.004917	0.968673	-0.563084	0.356218	1.000000	-0.618209
r <sub>3</sub>	-0.580472	0.194889	-0.200237	-0.608796	0.692175	-0.411944	-0.618209	1.000000

Σημαντική πληροφορία λαμβάνεται από τον παραπάνω πίνακα σχετικά με τις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των μεταβλητών της ανάλυσης. Πιο συγκεκριμένα, μεγάλη θετική συσχέτιση παρουσιάζουν ο δείκτης S&P 500 με τον δείκτη βιομηχανικής παραγωγής κάτι το οποίο είναι αναμενόμενο αφού και οι δύο δείκτες συμβαδίζουν με την οικονομική ανάπτυξη στον τομέα των επιχειρήσεων και γενικότερα στην ευημερία της οικονομίας των Ηνωμένων Πολιτειών.

Αντίθετα, σχεδόν μηδενική συσχέτιση παρουσιάζουν οι δείκτες dci και S&P 500, το οποίο προκαλείται από την φύση των συντελεστών και τον τρόπο υπολογισμού αυτών. Αναλυτικότερα, ο dynamic causality index προέρχεται από το σύνολο του χρηματοοικονομικού κλάδου λαμβάνοντας υπόψη το δίκτυο των σχέσεων των ιδρυμάτων και την διάδοση ενός αρνητικού γεγονότος ενώ ο χρηματιστηριακός δείκτης S&P 500 περιλαμβάνει μετοχές από το σύνολο της οικονομίας και μεταβάλλεται ανάλογα με την προσφορά και ζήτηση των στοιχείων που τον απαρτίζουν. Έτσι, η μηδενική σχέση ανάμεσα στους δύο δείκτες εξηγείται και από θεωρητικής άποψης.

Στην συνέχεια, επιβεβαιώνεται η σχέση ανάμεσα στο πληθωρισμό και το 3μηνο επιτόκιο εντόκου γραμματίου όπως είναι γνωστό από την οικονομική θεωρία. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η αρνητική σχέση ανάμεσα στον πληθωρισμό και το δείκτη S&P 500 καθώς όταν αυξάνεται ο χρηματιστηριακός δείκτης μειώνεται ο πληθωρισμός. Μία πιθανή εξήγηση μπορεί να

αναφέρει ότι καθώς αυξάνεται η ζήτηση για μετοχές του εν λόγω χρηματιστηριακού δείκτη, μειώνεται η ζήτηση για προϊόντα και κατά συνέπεια οι τιμές αυτών, όντας μία αμιγώς χρηματοοικονομική κοινωνία όπως αυτής της Αμερικής.

Αξίζει να σημειωθεί ότι μεταξύ των συστημικών μεταβλητών εκείνος ο δείκτης που παρουσιάζει μεγαλύτερη συσχέτιση σε απόλυτες τιμές είναι ο absorption, ο οποίος μετράει τον συστημικό κίνδυνο σε μακροοικονομικό περιβάλλον, ενώ ο μικροοικονομικός δείκτης dci έχει την μικρότερη συσχέτιση με τις άλλες μεταβλητές σε απόλυτες τιμές.

#### 4.4 Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας

Η χρησιμοποίηση του επαυξημένου έλεγχου Dickey-Fuller, στο οποίο περιλαμβάνονται ως ανεξάρτητες μεταβλητές οι χρονικές υστερήσεις της εξαρτημένης μεταβλητής, γίνεται για να εξασφαλιστεί ότι δεν υπάρχει το πρόβλημα της αυτοσυσχέτισης των καταλοίπων που παρατηρείται ορισμένες φορές στον απλό έλεγχο των Dickey-Fuller. Επειδή σε ορισμένες μεταβλητές ο έλεγχος στασιμότητας με τον επαυξημένο Dickey-Fuller δεν είναι ξεκάθαρος εξαιτίας της οριακής αποδοχής ή απόρριψης της μοναδιαίας ρίζας χρησιμοποιούμε και τον έλεγχο KPSS για μεγαλύτερη ακρίβεια. Αξίζει να αναφερθεί ότι η επιλογή των κατάλληλων χρονικών υστερήσεων της εξαρτημένης μεταβλητής πραγματοποιήθηκε αυτόματα από το κριτήριο του Akaike, το οποίο υπάρχει ως προεπιλογή στο οικονομετρικό πρόγραμμα του Eviews. Παρακάτω, παρουσιάζεται ο πίνακας για τον έλεγχο στασιμότητας με τα δύο προαναφερθέντα κριτήρια.

**Πίνακας 4.3**

#### Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας

Μεταβλητές	ADF	KPSS
<b>logsp500</b>	-0.7001 (-)	2.8257*
<b>logiind</b>	-1.3207 (5)	2.8375*
<b>infl</b>	-2.5536 (15)	1.4325*
<b>r<sub>3</sub></b>	-2.2405 (16)	1.5134*
<b>abr</b>	-1.0088 (12)	2.2429*
<b>aim</b>	-2.6404 (17)	1.3758*
<b>dci</b>	-3.9396* (5)	0.3179*
<b>mes</b>	-3.3195*(13)	0.7846*

σε παρένθεση ο αριθμός των χρονικών υστερήσεων, με \* οι στατιστικά σημαντικές μεταβλητές

Σύμφωνα με τον πίνακα εξετάζοντας τον επαυξημένο έλεγχο Dickey-Fuller όλες οι μεταβλητές παρουσιάζουν μοναδιαία ρίζα αφού αποδεχόμαστε την μηδενική υπόθεση, εκτός από τους δείκτες dci και mes στους οποίους αποδεχόμαστε οριακά την υπόθεση στασιμότητας. Για να υπάρχει μία πλήρη και περισσότερο τεκμηριωμένη άποψη σχετικά με την στασιμότητα των χρονολογικών σειρών γίνεται επιλογή του έλεγχου KPSS κατά τον οποίο ως μηδενική υπόθεση είναι η ύπαρξη στασιμότητας. Η πραγματοποίηση αυτού του ελέγχου δείχνει ότι σε όλες τις μεταβλητές εμφανίζεται μοναδιαία ρίζα και ως εκ τούτου δεν υπάρχει στασιμότητα. Συνεπώς, ο καλύτερος τρόπος για την εξάλειψη της μοναδιαίας ρίζας είναι η χρήση των πρώτων διαφορών για όλες τις μεταβλητές. Με την βοήθεια του Eviews δημιουργήθηκαν οι πρώτες διαφορές των μεταβλητών και πραγματοποιείται εκ νέου έλεγχος για την ύπαρξη ή μη της στασιμότητας.

#### Πίνακας 4.4

##### Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας πρώτων διαφορών

Μεταβλητές	ADF	KPSS
<b>dlogsp500</b>	-21.0325* (-)	0.1095
<b>dlogiind</b>	-7.1433* (4)	0.0996
<b>dinfl</b>	-5.2404* (14)	0.0345
<b>dr<sub>3</sub></b>	-4.4785* (15)	0.0668
<b>dabr</b>	-7.6765* (11)	0.0383
<b>daim</b>	-10.3010* (16)	0.0674
<b>ddci</b>	-8.0632* (12)	0.0125
<b>dmes</b>	-6.4804* (12)	0.0242

σε παρένθεση ο αριθμός των χρονικών υστερήσεων, με \* οι στατιστικά σημαντικές μεταβλητές

Όπως ήταν αναμενόμενο, η χρησιμοποίηση των πρώτων διαφορών έκανε όλες τις χρονολογικές σειρές στάσιμες και έτσι υπάρχει η δυνατότητα να διενεργηθεί παλινδρόμηση εξάγοντας και ορισμένες προβλέψεις, αφού πλέον ο μέσος όρος δεν είναι μία ευρεία υποκειμενική έννοια αλλά μία σταθερή τιμή. Αξίζει να σημειωθεί η αντίθεση που παρατηρείται ανάμεσα στα δύο κριτήρια σχετικά με την αποδοχή και την απόρριψη των υποθέσεων. Και τα δύο κριτήρια συγκλίνουν στο ίδιο αποτέλεσμα διότι ο επαυξημένος έλεγχος Dickey-Fuller έχει ως μηδενική υπόθεση την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας, σε αντίθεση με το KPSS, το οποίο έχει ως μηδενική υπόθεση την ύπαρξη στασιμότητας.

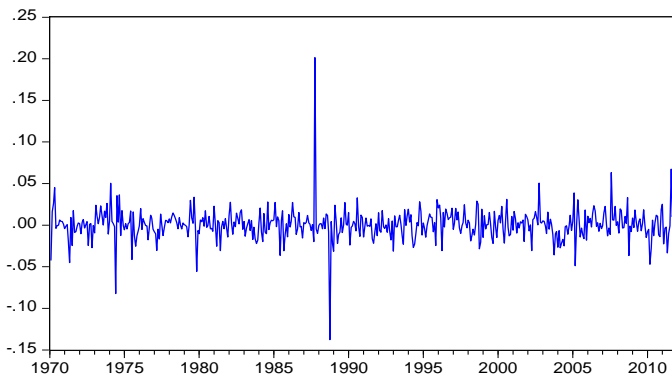
Επιπλέον, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρονολογική σειρά του πληθωρισμού. Πιο συγκεκριμένα, ο πληθωρισμός είναι εκ κατασκευής του μία σειρά ολοκληρωμένη πρώτης

τάξης, η οποία βρέθηκε να παρουσιάζει μη στασιμότητα. Σε αυτό το σημείο, λήφθηκαν οι πρώτες διαφορές του πληθωρισμού και έτσι η σειρά του δείκτη τιμών καταναλωτή, που αναφέρθηκε παραπάνω, είναι ολοκληρωμένη δεύτερης τάξης  $I(2)$ . Σε συμφωνία των δύο κριτηρίων όλες οι χρονολογικές σειρές, που εξετάστηκαν, είναι ολοκληρωμένες πρώτης τάξης.

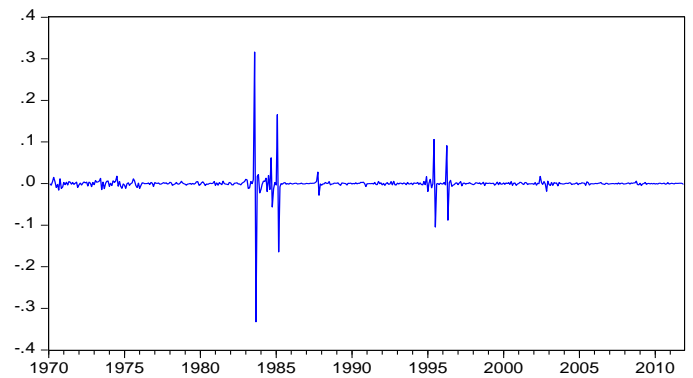
#### 4.5 Γραφικές παραστάσεις στάσιμων σειρών

Όπως διαπιστώνεται, η γραφική απεικόνιση μιας στάσιμης σειράς από μία σειρά μη στάσιμη διαφέρει σημαντικά. Συγκρίνοντας, τα ακόλουθα γραφήματα με τα αρχικά εύκολα συμπεραίνεται η ύπαρξη τάσης ή στασιμότητας των χρονοσειρών που αναλύονται.

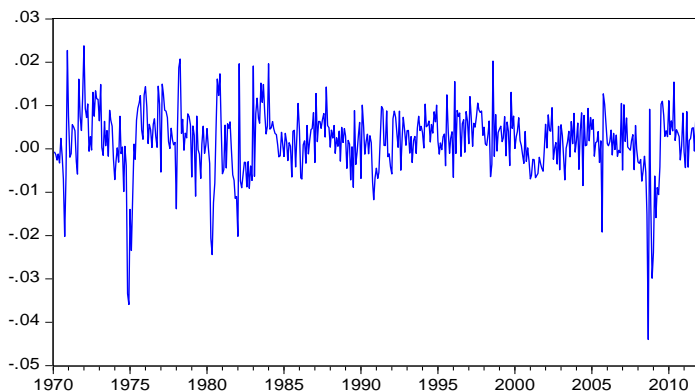
DABSORPTION



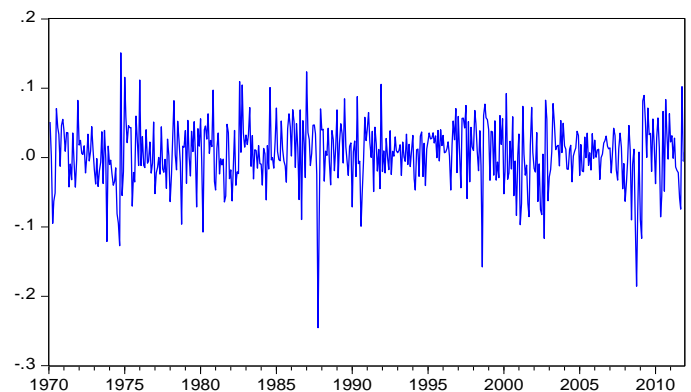
DAIM



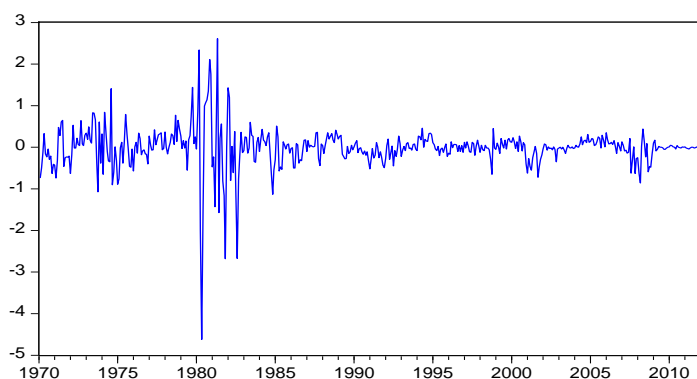
DLOGINDUSTRYINDEX



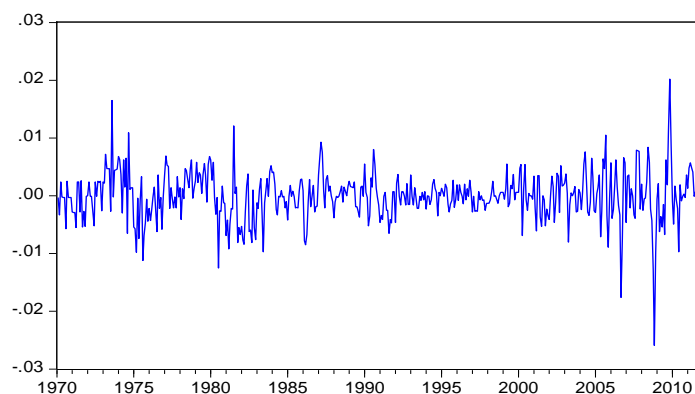
DLOGSP500



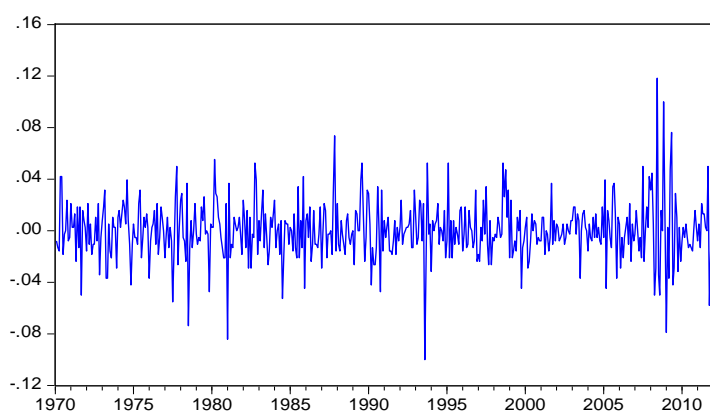
DTB3MS



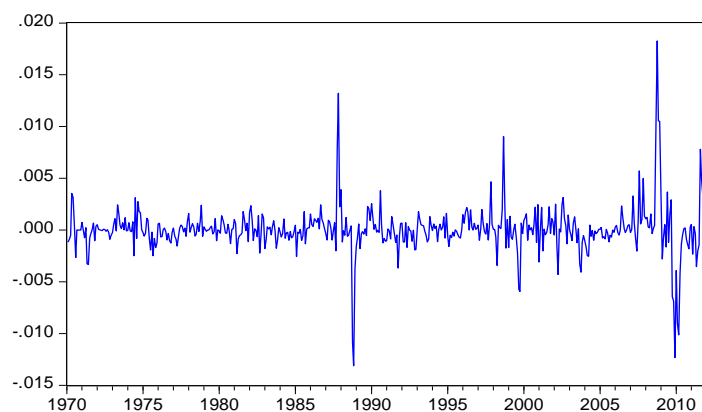
DINFLATION\_RATES



DDCI



DMES



Διάγραμμα 4.2

### Διαγραμματική απεικόνιση των πρώτων διαφορών μεταβλητών

Όσον αφορά τους άλλους δύο δείκτες συστημικού κινδύνου (dci, mes) μετά από τους ελέγχους στασιμότητας που διενεργήθηκαν δεν χρειάστηκαν μετατροπή σε πρώτες διαφορές άρα οι αρχικές σειρές των δεικτών παρουσιάζουν στασιμότητα.

### 4.6 Έλεγχος συνολοκλήρωσης

Αφού διαπιστώθηκε η τάξη ολοκλήρωσης των χρονολογικών σειρών θα προχωρήσει η έρευνα για τον έλεγχο συνολοκλήρωσης. Για την διενέργεια του συγκεκριμένου ελέγχου πρέπει να ληφθούν υπόψη μόνο οι σειρές που έχουν τον ίδιο βαθμό ολοκλήρωσης, δηλαδή η ανάλυση γίνεται σε επίπεδο πρώτης τάξης  $I(1)$ . Αρχικά, διερευνάται μία κοινή μακροχρόνια σχέση μεταξύ των ολοκληρωμένων πρώτης τάξης μεταβλητών  $\log sp500$ ,  $\log iind$ ,  $infl$ ,  $r_3$  και

abr. Με άλλα λόγια, ελέγχεται η δυνατότητα ύπαρξης ενός συνδυασμού των εν λόγω μεταβλητών, ο οποίος να είναι  $I(0)$  καταλήγοντας ότι οι σειρές συνολοκληρώνονται. Η μαθηματική απεικόνιση έχει ως εξής:

$$(a_1 \logsp500 + a_2 \logiind + a_3 infl + a_4 r_3 + a_5 abr) \sim I(0)$$

Ο έλεγχος πραγματοποιείται μέσω του Eviews με την διαδικασία Johansen. Παρατηρώντας τα αποτελέσματα και από τα δύο τεστ που περιέχονται στην διαδικασία Johansen καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει τουλάχιστον ένας συνδυασμός μεταξύ των 5 προαναφερόμενων μεταβλητών στο επίπεδο σημαντικότητας των 5% που να είναι στάσιμος και έτσι εμφανίζουν μία μακροχρόνια σχέση.

Συνεχίζοντας τον έλεγχο συνολοκλήρωσης, αντικαθιστάται αυτήν την φορά ο δείκτης συστημικού κινδύνου abr με τον δείκτη aim. Αναλυτικότερα, πραγματοποιείται ο έλεγχος ύπαρξης κάποιου γραμμικού συνδυασμού μεταξύ των μεταβλητών logsp500, logiind, infl, r<sub>3</sub> και aim ο οποίος να παρουσιάζει στασιμότητα. Δηλαδή:

$$(a_1 \logsp500 + a_2 \logiind + a_3 infl + a_4 r_3 + a_5 aim) \sim I(0)$$

Και το trace test και το maximum eigenvalue test οδηγούν στο ίδιο συμπέρασμα κατά το οποίο οι 5 χρονολογικές σειρές είναι συνολοκληρωμένες σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, εμφανίζοντας τουλάχιστον έναν γραμμικό συνδυασμό ο οποίος να είναι στάσιμος.

Ακόμη ένας έλεγχος συνολοκλήρωσης γίνεται για τις χρονολογικές σειρές logsp500, logiind, infl, r<sub>3</sub> και dci. Μέσω της διαδικασίας Johansen γίνεται η προσπάθεια να βρεθεί ένας στάσιμος γραμμικός συνδυασμός των σειρών αυτών προκειμένου να συνολοκληρώνονται με δεδομένο επίπεδο σημαντικότητας 5%. Πιο συγκεκριμένα:

$$(a_1 \logsp500 + a_2 \logiind + a_3 infl + a_4 r_3 + a_5 dci) \sim I(0)$$

Όπως και στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις έτσι και εδώ οι δύο έλεγχοι απορρίπτουν την υπόθεση ότι δεν υπάρχει κανένας γραμμικός συνδυασμός των συγκεκριμένων σειρών ο οποίος να είναι στάσιμος. Έτσι, οι σειρές συνολοκληρώνονται εκφράζοντας μία μακροχρόνια συσχέτιση.

Τέλος, διενεργείται ο έλεγχος συνολοκλήρωσης για τις μεταβλητές logsp500, logiind, infl, r<sub>3</sub> και mes ψάχνοντας μία μακροχρόνια σχέση μέσω ενός γραμμικού συνδυασμού των εν λόγω χρονολογικών σειρών που να εμφανίζει στασιμότητα. Ειδικότερα:

$$(a_1 \logsp500 + a_2 \logiind + a_3 infl + a_4 r_3 + a_5 mes) \sim I(0)$$

Σε αυτήν την περίπτωση οι δύο έλεγχοι έρχονται σε αντίθεση. Από την μία μεριά, το trace test δείχνει ότι υπάρχει στάσιμος γραμμικός συνδυασμός με τις συγκεκριμένες μεταβλητές να



συνολοκληρώνονται ενώ από την άλλη μεριά το maximum eigenvalue test δείχνει ότι δεν υπάρχει κανενός γραμμικός συνδυασμός ο οποίος να εμφανίζει στασιμότητα και έτσι οι σειρές δεν συνολοκληρώνονται. Σε μία τέτοια κατάσταση, ο ερευνητής καλείται να αποφασίσει ποια από τις δύο επιλογές πρέπει να επιλέξει.

Στον κάτωθι πίνακα φαίνονται όλοι οι συνδυασμοί των χρονολογικών σειρών που εξετάστηκαν για την ύπαρξη συνολοκλήρωσης με την διαδικασία Johansen.

**Πίνακας 4.5**

**Έλεγχος ύπαρξης συνολοκλήρωσης των μεταβλητών**

Συνδυασμός Μεταβλητών	Trace test	Maximum eigenvalue test
<b>logsp500, logiind, infl, r<sub>3</sub>, abr</b>	2 CE	1 CE
<b>logsp500, logiind, infl, r<sub>3</sub>, aim</b>	3 CE	2 CE
<b>logsp500, logiind, infl, r<sub>3</sub>, dci</b>	1 CE	1 CE
<b>logsp500, logiind, infl, r<sub>3</sub>, mes</b>	3 CE	No CE

#### 4.7 Υπόδειγμα διόρθωσης λαθών

Με την πραγματοποίηση του ελέγχου συνολοκλήρωσης τα αποτελέσματα οδηγούν στην χρήση του πλέον κατάλληλου υποδείγματος για την εξαγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Όπως αποδείχθηκε παραπάνω, ορισμένοι συνδυασμοί μεταξύ των χρονολογικών σειρών που εξετάζονται παρουσίασαν συνολοκλήρωση. Έτσι, ένα μοντέλο διόρθωσης λαθών για τους συγκεκριμένους συνδυασμούς αποτελεί την σωστή επιλογή. Την διάδοση του υποδείγματος πραγματοποίησαν οι Engle και Granger, αφού πρώτος το χρησιμοποίησε ο Sargan. Το υπόδειγμα διόρθωσης λαθών έχει την δυνατότητα να συλλάβει τόσο την μακροχρόνια σχέση μεταξύ των σειρών όσο και την βραχυχρόνια, καταφέρνοντας να διορθώσει την ανισορροπία μέσω ενός όρου σφάλματος, ο οποίος καλείται σφάλμα εξισορρόπησης. Το σφάλμα εξισορρόπησης δύναται να χρησιμοποιηθεί για την σύνδεση της βραχυχρόνιας συμπεριφοράς μιας μεταβλητής με την μακροχρόνια τιμή της. Ένα διανυσματικό υπόδειγμα διόρθωσης λαθών (VECM-vector error correction model) είναι μία επέκταση του διανυσματικού αυτοπαλίνδρομου διανύσματος (VAR-vector autoregressive) στο οποίο προστίθεται ο μηχανισμός διόρθωσης σφαλμάτων.

Η μαθηματική απεικόνιση μιας απλής περίπτωσης του υποδείγματος διόρθωσης λαθών με 2 συνολοκληρωμένες σειρές έχει ως εξής:

$$\Delta y_t = c_1 + r_1 C + \sum_{i=1}^p b_{1,i} \Delta y_{t-i} + \sum_{j=1}^p a_{1,j} \Delta x_{t-j} + u_{1,t}$$

$$\Delta x_t = c_2 + r_2 C + \sum_{i=1}^p b_{2,i} \Delta y_{t-i} + \sum_{j=1}^p a_{2,j} \Delta x_{t-j} + u_{2,t} ,$$

όπου C ο όρος εξισορρόπησης και είναι  $C = y_{t-1} - a - b x_{t-1}$ , παρουσιάζοντας στασιμότητα.

Όπως κάθε παλινδρόμηση έτσι και το συγκεκριμένο μοντέλο χρησιμοποιεί της ανεξάρτητες μεταβλητές για να εξηγήσει την εξαρτημένη. Αναλυτικότερα, το υπόδειγμα διόρθωσης λαθών δίνει την πληροφορία ότι η μεταβλητή  $\Delta y_t$  εξαρτάται από την μεταβλητή  $\Delta x_t$  και το αντίστροφο. Επιπλέον, οι μεταβλητές  $\Delta y_t$  και  $\Delta x_t$  εξαρτώνται και από το σφάλμα εξισορρόπησης. Αυτό έχει ως συνέπεια, η βραχυχρόνια συμπεριφορά να λαμβάνεται μερικώς από το σφάλμα εξισορρόπησης, δηλαδή αν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι εκτός ισορροπίας τότε το σφάλμα εξισορρόπησης λειτουργεί περιοριστικά και την επόμενη περίοδο τραβάει την εξαρτημένη μεταβλητή προς την ισορροπία. Τέλος, η βραχυχρόνια συμπεριφορά λαμβάνεται και από την άλλη επεξηγηματική μεταβλητή κάθε φορά, δηλαδή αν η ανεξάρτητη μεταβλητή αλλάξει τότε η τιμή ισορροπίας της εξαρτημένης μεταβλητής πρόκειται να αλλάξει αντίστοιχα.

Οι πρώτες σειρές που πρόκειται να εξεταστούν με το υπόδειγμα διόρθωσης λαθών αφού προηγουμένως βρέθηκαν να συνολοκληρώνονται είναι logsp500, logiind, infl, r<sub>3</sub> και abr. Ως ενδογενείς μεταβλητές χρησιμοποιούνται οι logsp500, logiind, infl, r<sub>3</sub> ενώ ως εξωγενής είναι ο δείκτης συστημικού κινδύνου absorption. Έτσι, οι συγκεκριμένες σειρές μπορούν να πάρουν την διανυσματική μορφή μέσω της απεικόνισης σε εξίσωση:

$$X_t = A_0 + r C E_1 + X_{t-j} B + D a b r C + u_t , \text{ όπου } X_t = [d \log sp 500, d \log i ind, d i n f l, d r_3] \text{ και } C E = c + a_1 \log sp 500_{t-1} + a_2 \log i ind_{t-1} + a_3 i n f l_{t-1} + a_4 r_{3,t-1} \text{ για } j=1,2$$

Οι εκτιμήσεις των μεταβλητών εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα:

## Πίνακας 4.6

### Εκτιμήσεις VECM

Vector error correction model	Εξαρτημένες μεταβλητές				
Ανεξάρτητες μεταβλητές		Dlogsp500	Dlogiind	Dinfl	Dr <sub>3</sub>
	CE	0.0015 (0.2646)	0.0046* (5.4036)	-0.0001 (-0.2442)	-0.1904* (-3.3991)
	Dlogsp500 <sub>t-1</sub>	0.0388 (0.8606)	0.0049 (0.7364)	0.0058 (1.5384)	0.9212* (2.0869)
	Dlogsp500 <sub>t-2</sub>	-0.0273 (-0.6029)	0.0110 (1.6253)	0.0024 (0.6412)	1.4493* (3.2677)
	Dlogiind <sub>t-1</sub>	0.6589* (2.2264)	0.2178* (4.9207)	0.0115 (0.4619)	11.0875* (3.8296)
	Dlogiind <sub>t-2</sub>	-0.1894 (-0.6423)	0.1178* (2.6716)	0.0915* (3.6605)	8.0183* (2.7784)
	Dinfl <sub>t-1</sub>	-0.4397 (-0.8341)	0.1903* (2.4139)	0.3454* (7.7285)	9.9598 (1.9312)
	Dinfl <sub>t-2</sub>	-0.3720 (-0.6987)	-0.1178 (-1.4802)	-0.0149 (-0.3309)	-14.9859* (-2.8775)
	Dr <sub>3,t-1</sub>	-0.0111* (-2.5314)	0.0018* (2.7303)	0.0003 (0.8707)	0.3477* (8.0402)
	Dr <sub>3,t-2</sub>	0.0028 (0.6322)	0.0013 (1.9652)	0.0007 (1.9068)	-0.2484* (-5.6956)
	Dabsorption	-0.4296* (-4.0528)	0.0044 (0.2798)	0.0050 (0.5584)	-0.4318 (-0.4164)
	Constant	0.0045* (2.1412)	0.0011* (3.7174)	-0.0002 (-1.4381)	-0.0595* (-2.8591)

σε παρένθεση οι τιμές της t-statistic, με \* οι στατιστικά σημαντικές μεταβλητές

$$CE = r(10.8572 + \logsp500_{t-1} - 3.9211\logiind_{t-1} - 10.3739infl_{t-1} + 0.0399r_{3,t-1})$$

(-17.6555)
(-3.9029)
(1.6930)
- t-stat

Ο πίνακας, εξαιτίας της διανυσματικής μορφής του μοντέλου, παρουσιάζει μία σειρά 4 εξισώσεων από τις οποίες λαμβάνουμε τις εκτιμήσεις κάθε φορά με διαφορετική εξαρτημένη μεταβλητή. Αναλύοντας την πρώτη στήλη των εξισώσεων στην οποία ως εξαρτημένη μεταβλητή είναι η Dlogsp500, φαίνεται ότι μόνο 3 μεταβλητές παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε με την στατιστική t απορρίπτοντας την μηδενική υπόθεση επειδή η t-statistic των συγκεκριμένων μεταβλητών είναι μεγαλύτερη από την κριτική τιμή.

Επιπλέον, ο συντελεστής προσδιορισμού<sup>2</sup> ( $R^2$ ) μπορεί να χαρακτηριστεί ως μικρός αφού μόνο το 6.5% της μεταβλητότητας των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής μπορεί να ερμηνευθεί από την ταυτόχρονη μεταβλητότητα των τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών του υποδείγματος. Επίσης, χρησιμοποιείται η F-statistic για να γίνει ο έλεγχος της ταυτόχρονης στατιστικής σημαντικότητας των συντελεστών του υποδείγματος. Αναλυτικότερα, κάτω από την μηδενική υπόθεση βρίσκονται όλοι οι συντελεστές να είναι μηδενικοί ενώ υπό την εναλλακτική υπόθεση ότι τουλάχιστον ένας από τους συντελεστές είναι διάφορος του μηδενός. Συγκρίνοντας την F στατιστική που εξάγεται από το πρόγραμμα με εκείνη της κριτικής τιμής καταλήγουμε στην πρόκριση της εναλλακτικής υπόθεσης, η οποία συμβαδίζει και με τον έλεγχο που έγινε προηγουμένως με την t-statistic. Τα κριτήρια των Schwarz και Akaike είναι κατάλληλα για την επιλογή ανταγωνιστικών υποδειγμάτων και την σύγκριση των προβλέψεων. Όσο χαμηλότερη είναι η τιμή αυτών των κριτηρίων τόσο καλύτερο είναι το υπόδειγμα προς μελέτη. Για παράδειγμα, συγκρίνοντας δύο υποδείγματα με το κριτήριο του Schwarz επιλέγεται εκείνο το οποίο παρουσιάζει την μικρότερη τιμή, το ίδιο ισχύει και για το κριτήριο του Akaike.

Όσον αφορά την δεύτερη σειρά εξίσωσης, παρατηρείται ότι το σφάλμα εξισορρόπησης είναι στατιστικά σημαντικό και ο συντελεστής  $r$  είναι θετικός αριθμός. Ακόμη, υπάρχουν 4 στατιστικά σημαντικές μεταβλητές που προκύπτουν ύστερα από τον έλεγχο της t στατιστικής. Καθώς ο συντελεστής προσδιορισμού της συγκεκριμένης εξίσωσης είναι 25.45%, η μεταβλητότητα των τιμών της Dlogiind ερμηνεύεται κατά 25.45% από την ταυτόχρονη μεταβλητότητα των 10 ανεξάρτητων μεταβλητών. Η στατιστική F ισούται με 16.73 που είναι μεγαλύτερη από την κριτική τιμή της έτσι απορρίπτεται η μηδενική οπότε υπάρχει τουλάχιστον ένας συντελεστής των ανεξάρτητων μεταβλητών ο οποίος είναι διάφορος του μηδενός. Τόσο η F όσο και η t στατιστική συγκλίνουν στο ίδιο αποτέλεσμα.

Περνώντας στην τρίτη κατά σειρά εξίσωση, ως εξαρτημένη μεταβλητή είναι η στάσιμη σειρά του πληθωρισμού (Dinfl). Σε αυτήν την περίπτωση, μόνο δύο μεταβλητές παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα η δεύτερη χρονική υστέρηση της στάσιμης λογαριθμησμένης σειράς του δείκτη βιομηχανικής παραγωγής και η πρώτη χρονική υστέρηση της στάσιμης σειράς του πληθωρισμού. Επιπλέον, η μεταβλητότητα των τιμών της

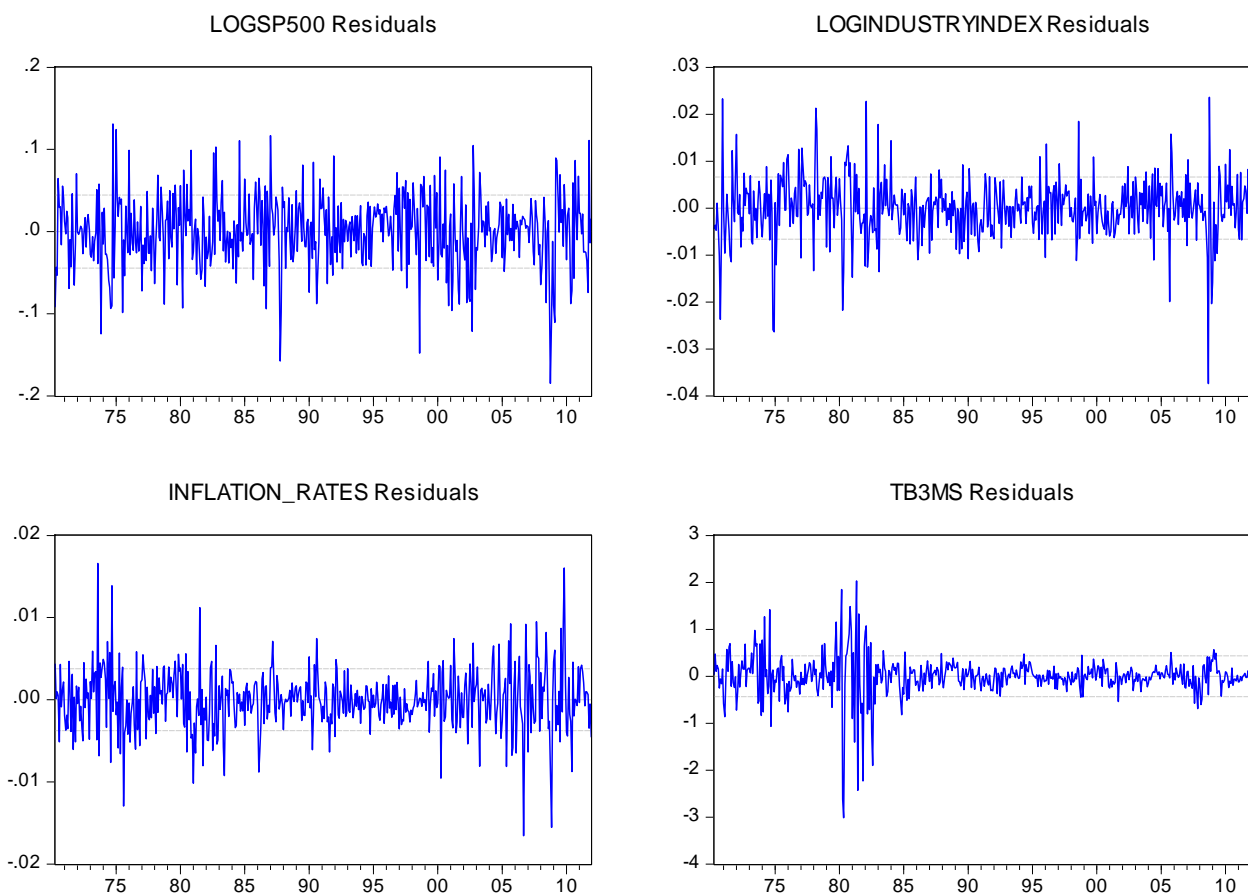
---

<sup>2</sup> Ο συντελεστής προσδιορισμού μετράει το ποσοστό της συνολικής μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής που εξηγείται από το υπόδειγμα παλινδρόμησης. Επίσης,  $0 \leq R^2 \leq 1$ , δεν έχει μονάδες μέτρησης οπότε είναι συγκρίσιμος και υπολογίζεται ως  $R^2 = \frac{SSR}{SST}$ , όπου SSR-άθροισμα τετραγώνων της παλινδρόμησης και SST-συνολικό άθροισμα τετραγώνων.

εξαρτημένης μεταβλητής ερμηνεύεται κατά 20.10% από το εκτιμηθέν υπόδειγμα και ταυτόχρονα η μεγάλη τιμή της F-statistic δίνει την δυνατότητα πρόκρισης της εναλλακτικής υπόθεσης κατά την οποία υπάρχει τουλάχιστον μία στατιστικά σημαντική ανεξάρτητη μεταβλητή.

Σε αντίθεση με τις τρεις προηγούμενες εξισώσεις, στην τέταρτη εξίσωση εμφανίζονται οι περισσότερες στατιστικά σημαντικές μεταβλητές και μόνο σε δύο μεταβλητές γίνεται αποδοχή της μηδενικής υπόθεσης του ελέγχου της t-statistic, όπως αυτήν εμφανίζεται μέσα στις παρενθέσεις. Επιπρόσθετα, κατά 24.20% η μεταβλητότητα των τιμών της  $Dr_3$  μπορεί να ερμηνευτεί από το εκτιμηθέν υπόδειγμα. Εξαιτίας του υψηλού συντελεστή προσδιορισμού η F στατιστική παρουσιάζεται υψηλή προκειμένου να απορρίψουμε την μηδενική υπόθεση. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μικρότερες τιμές των κριτηρίων Akaike και Schwarz κατά απόλυτη τιμή εμφανίζονται στην τελευταία εξίσωση.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα των καταλοίπων για κάθε εξίσωση του διανυσματικού υποδείγματος διόρθωσης λαθών.



### Διάγραμμα 4.3

#### Διαγραμματική απεικόνιση καταλοίπων του VECM

Στην συνέχεια, γίνεται αντικατάσταση του δείκτη συστημικού κινδύνου absorption με τον aim. Η νέα μαθηματική εξίσωση που προκύπτει έχει ως εξής:

$$X_t = A_0 + rCE_1 + X_{t-j}B + DaimC + u_t, \text{ όπου } X_t = [dlogsp500, dlogiind, dinfl, dr_3] \text{ και } CE = c + a_1logsp500_{t-1} + a_2logiind_{t-1} + a_3infl_{t-1} + a_4r_{3,t-1} \text{ για } j=1,2$$

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι εκτιμήσεις της εξίσωσης με το διανυσματικό υπόδειγμα διόρθωσης λαθών.

### Πίνακας 4.7

#### Εκτιμήσεις VECM

Vector error correction model	Εξαρτημένες μεταβλητές				
Ανεξάρτητες μεταβλητές		Dlogsp500	Dlogiind	Dinfl	Dr <sub>3</sub>
	CE	0.0014 (0.2557)	0.0046* (5.3937)	-0.0001 (-0.2407)	-0.1901* (-3.4055)
	Dlogsp500 <sub>t-1</sub>	0.0494 (1.0806)	0.0048 (0.7226)	0.0057 (1.5079)	0.9315* (2.1184)
	Dlogsp500 <sub>t-2</sub>	-0.0370 (-0.8055)	0.0111 (1.6468)	0.0025 (0.6764)	1.4186* (3.2106)
	Dlogiind <sub>t-1</sub>	0.7179* (2.3928)	0.2173* (4.9142)	0.0109 (0.4358)	11.1058* (3.8484)
	Dlogiind <sub>t-2</sub>	-0.1774 (-0.5928)	0.1177* (2.6691)	0.0914* (3.6537)	8.0213* (2.7856)
	Dinfl <sub>t-1</sub>	-0.3438 (-0.6434)	0.1892* (2.4025)	0.3443* (7.7082)	10.1110 (1.9670)
	Dinfl <sub>t-2</sub>	-0.6610 (-1.2319)	-0.1152 (-1.4566)	-0.0118 (-0.2639)	-14.9902* (-2.9047)
	Dr <sub>3,t-1</sub>	-0.0112* (-2.5137)	0.0018* (2.7288)	0.0003 (0.8724)	0.3479* (8.0646)
	Dr <sub>3,t-2</sub>	0.0037 (0.8326)	0.0012 (1.9497)	0.0007 (1.8817)	-0.2482* (-5.7095)
	DAim	-0.1063 (-1.3369)	-0.0001 (-0.0166)	-4.50E-05 (-0.0067)	1.1579 (1.5127)
	Constant	0.0040 (1.8846)	0.0011* (3.7360)	-0.0002 (-1.4089)	-0.0597* (-2.8802)

σε παρένθεση οι τιμές της t-statistic, με \* οι στατιστικά σημαντικές μεταβλητές

$$CE = r(10.8448 + \log sp500_{t-1} - 3.9184 \log iind_{t-1} - 10.4273 infl_{t-1} + 0.0406 r_{3,t-1})$$

(-17.6191)
(-3.9163)
(1.7206)
- t-stat

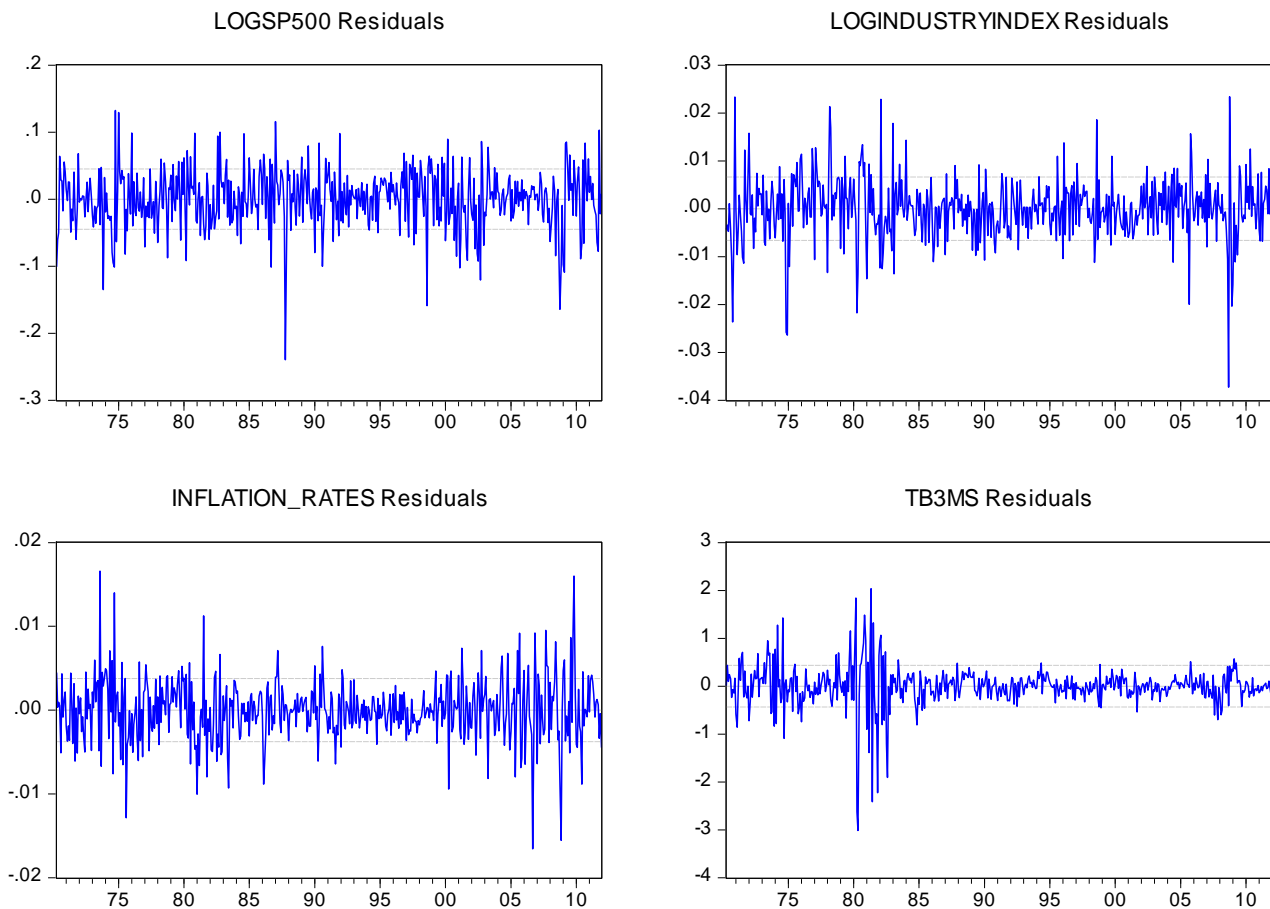
Η ανάλυση του πίνακα ξεκινάει από την πρώτη στήλη στην οποία βρίσκονται οι εκτιμήσεις, που πραγματοποιήθηκαν, με εξαρτημένη μεταβλητή την λογαριθμησμένη στάσιμη σειρά του S&P 500. Ύστερα από τον έλεγχο της t-statistic παρατηρούνται μόνο 2 στατιστικά σημαντικές μεταβλητές, η πρώτη χρονική υστέρηση του στάσιμου λογαριθμησμένου δείκτη βιομηχανικής παραγωγής και η στάσιμη σειρά του επιτοκίου 3-μηνων εντόκων γραμματίων. Ο χαμηλός συντελεστής προσδιορισμού δείχνει ότι η μεταβλητότητα των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής ερμηνεύεται μόνο από το 3.71% από την ταυτόχρονη μεταβλητότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Στην δεύτερη κατά σειρά εξίσωση του διανυσματικού υποδείγματος διόρθωσης λαθών οι μισές από τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι στατιστικά σημαντικές, σύμφωνα με τον έλεγχο της t στατιστικής. Συνεπώς, υπάρχει ένα πιο σταθερό υπόδειγμα σε σύγκριση με το πρώτο κάτι το οποίο φαίνεται και από τον συντελεστή προσδιορισμού, όπου η μεταβλητότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών ερμηνεύει την μεταβλητότητα των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής κατά 25.42%. Σε αυτό το σημείο, επισημαίνεται ότι το σφάλμα εξισορρόπησης που προέρχεται μέσα από ένα γραμμικό συνδυασμό συνολοκληρωμένων σειρών είναι στατιστικά σημαντικό, το οποίο συνεπάγεται ότι υπάρχει μία δύναμη η οποία να επαναφέρει τις μεταβλητές σε κοινή μακροχρόνια πορεία.

Συνεχίζοντας την ανάλυση με την τρίτη εξίσωση όπως εμφανίζεται στον πίνακα η οποία ως εξαρτημένη μεταβλητή έχει την στάσιμη σειρά του πληθωρισμού. Σε αυτήν την περίπτωση, υπάρχουν μόνο 2 στατιστικά σημαντικές χρονολογικές σειρές αλλά έναν ικανοποιητικό συντελεστή προσδιορισμού που ανέρχεται στο 20.05%. Άρα, η μεταβλητότητα των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής ερμηνεύεται από το εκτιμηθέν υπόδειγμα κατά 20.05%.

Η τέταρτη και τελευταία εξίσωση του συγκεκριμένου διανυσματικού υποδείγματος με εξαρτημένη μεταβλητή το στάσιμο επιτόκιο 3-μηνων εντόκων γραμματίων ( $Dr_3$ ) παρουσιάζει την καλύτερη εικόνα από την μεριά της στατιστικής σημαντικότητας αφού μόνο 2 μεταβλητές ( $Dinfl_{t-1}$ ,  $DAim$ ) από τις 10 συνολικά δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές. Ακόμη, η ταυτόχρονη μεταβλητότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών ερμηνεύει κατά 24.54% την μεταβλητότητα των τιμών της μεταβλητής  $Dr_3$ .

Ακολουθεί η απεικόνιση των διαγραμμάτων των καταλοίπων για κάθε μία εξίσωση του ανωτέρου διανυσματικού υποδείγματος.



**Διάγραμμα 4.4**

**Διαγραμματική απεικόνιση καταλοίπων του VECM**

Διερευνώντας προκειμένου να βρεθεί μία σχέση ανάμεσα στον συστηματικό κίνδυνο και τις μακροοικονομικές και χρηματοοικονομικές μεταβλητές, θα αναλυθεί μέσω του διανυσματικού υποδείγματος διόρθωσης λαθών, αφού προηγουμένως πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος συνολοκλήρωσης, η παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$X_t = A_0 + rCE_1 + X_{t-j}B + Ddcic + u_t \quad , \quad \text{όπου } X_t = [dlogsp500, dlogiind, dinfl, dr_3] \text{ και}$$

$$CE = c + a_1 logsp500_{t-1} + a_2 logiind_{t-1} + a_3 infl_{t-1} + a_4 r_{3,t-1} \quad \text{για } j=1,2$$



Με την βοήθεια του προγράμματος Eviews λήφθηκαν οι εκτιμήσεις όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 4.8**  
**Εκτιμήσεις VECM**

Vector error correction model	Εξαρτημένες μεταβλητές				
		Dlogsp500	Dlogiind	Dinfl	Dr <sub>3</sub>
Ανεξάρτητες μεταβλητές	CE	0.0016 (0.2882)	0.0045* (5.3907)	-0.0001 (-0.2313)	-0.1899* (-3.4138)
	Dlogsp500 <sub>t-1</sub>	0.0381 (0.8399)	0.0050 (0.7401)	0.0058 (1.5176)	0.9275* (2.0993)
	Dlogsp500 <sub>t-2</sub>	-0.0296 (-0.6506)	0.0110 (1.6327)	0.0025 (0.6614)	1.4420* (3.2521)
	Dlogiind <sub>t-1</sub>	0.6746* (2.2697)	0.2176* (4.9185)	0.0110 (0.4411)	11.1395* (3.8485)
	Dlogiind <sub>t-2</sub>	-0.2165 (-0.73029)	0.1181* (2.6744)	0.0915* (3.6570)	8.0274* (2.7794)
	Dinfl <sub>t-1</sub>	-0.3856 (-0.7287)	0.1897* (2.4084)	0.3446* (7.7125)	10.0293 (1.9460)
	Dinfl <sub>t-2</sub>	-0.5093 (-0.9572)	-0.1163 (-1.4683)	-0.0123 (-0.2759)	-15.2234* (-2.9379)
	Dr <sub>3,t-1</sub>	-0.0118* (-2.6559)	0.0018* (2.7354)	0.0003 (0.8801)	0.3474* (8.0282)
	Dr <sub>3,t-2</sub>	0.0033 (0.7414)	0.0013 (1.9537)	0.0007 (1.8870)	-0.2476* (-5.6821)
	Ddci	-0.3090* (-3.4400)	0.0031 (0.2378)	0.0015 (0.2071)	-0.1263 (-0.1444)
	Constant	0.0042* (2.0068)	-0.0002* (3.7289)	-0.0002 (-1.4125)	-0.0599* (-2.8835)

σε παρένθεση οι τιμές της t-statistic, με \* οι στατιστικά σημαντικές μεταβλητές

$$CE = r(10.8739 + \logsp500_{t-1} - 3.9246\logiind_{t-1} - 10.5482infl_{t-1} + 0.0410r_{3,t-1})$$

(-17.5475)                      (-3.9397)                      (1.7292)                      - t-stat

Αναλύοντας την πρώτη εξίσωση του διανυσματικού υποδείγματος, στην οποία ως εξαρτημένη μεταβλητή χρησιμοποιείται η στάσιμη λογαριθμησμένη χρονολογική σειρά του χρηματιστηριακού δείκτη S&P500, παρατηρούμε ότι 3 μεταβλητές παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα, η μία εκ των οποίων είναι και ο δείκτης συστημικού κινδύνου aim. Αυτό συνεπάγεται ότι αν ο Ddci μεταβληθεί κατά μία μονάδα τότε ο Dlogsp500 αναμένεται να μεταβληθεί (μειωθεί) κατά -0.309, θεωρώντας ότι όλες οι άλλες μεταβλητές παραμένουν σταθερές. Έτσι, ο συντελεστής του Ddci εκφράζει μερική μεταβολή. Επιπλέον, η ταυτόχρονη

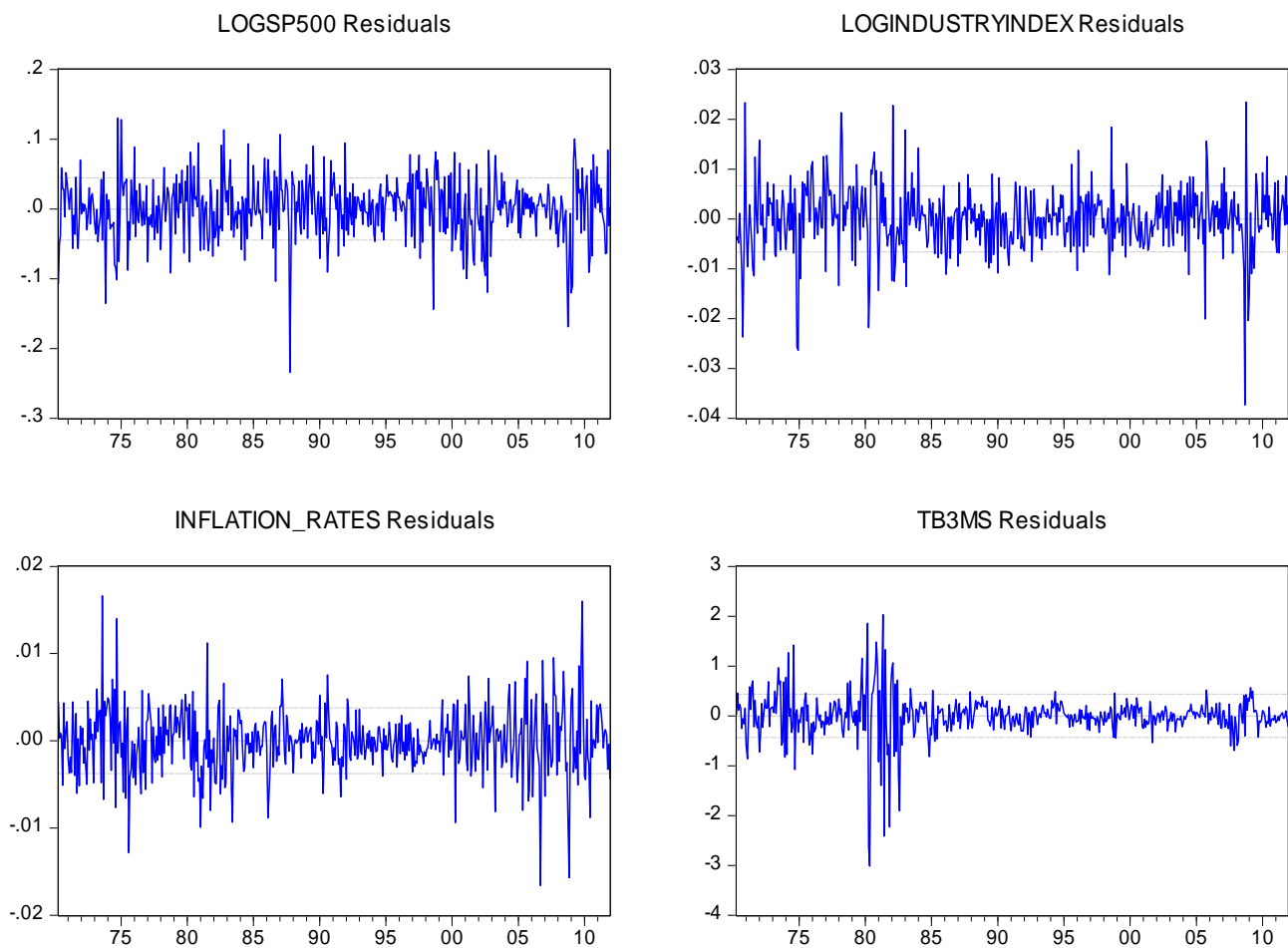
μεταβλητότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών ερμηνεύει κατά 5.64% την μεταβλητότητα των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής.

Στην συνέχεια, η δεύτερη εξίσωση έχει ως εξαρτημένη μεταβλητή την στάσιμη σειρά του λογαριθμημένου δείκτη βιομηχανικής παραγωγής. Ύστερα από τον έλεγχο της t-statistic για κάθε μία μεταβλητή του υποδείγματος ξεχωριστά εξάγεται το συμπέρασμα ότι 5 μεταβλητές εμφανίζουν στατιστική σημαντικότητα και μία από αυτές είναι και το σφάλμα εξισορρόπησης. Ακόμη, ο συντελεστής προσδιορισμού είναι 25.43%, το οποίο σημαίνει ότι η μεταβλητότητα των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής ερμηνεύεται κατά το παραπάνω ποσοστό από την ταυτόχρονη μεταβλητότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών του εν λόγω υποδείγματος.

Περνώντας στην τρίτη κατά σειρά εξίσωση του πίνακα, ως εξαρτημένη μεταβλητή χρησιμοποιήθηκε η σειρά του στάσιμου πληθωρισμού. Σε αυτήν την περίπτωση, υπάρχουν μόνο δύο στατιστικά σημαντικές μεταβλητές ( $Dlogiind_{t-2}$ ,  $Dinfl_{t-1}$ ). Επίσης, η ταυτόχρονη μεταβλητότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών ερμηνεύει κατά 20.05% την μεταβλητότητα των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής. Εξαιτίας του ικανοποιητικού συντελεστή προσδιορισμού, η F-statistic παίρνει μία τιμή (12.2932) που δίνει την δυνατότητα αποδοχής της εναλλακτικής υπόθεσης κατά την οποία υπάρχει τουλάχιστον ένας συντελεστής μιας ανεξάρτητης μεταβλητής ο οποίος είναι διάφορος του μηδενός.

Κλείνοντας την ανάλυση του εν λόγω διανύσματος, επισημαίνεται ότι η τέταρτη εξίσωση έχει την στάσιμη σειρά του επιτοκίου 3-μηνων εντόκων γραμματίων για εξαρτημένη μεταβλητή. Εδώ, οι περισσότερες μεταβλητές παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα, ενώ μόνο 2 είναι στατιστικά μη σημαντικές. Επιπρόσθετα, ο συντελεστής προσδιορισμού είναι 24.19% υποδηλώνοντας ότι η μεταβλητότητα των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής ερμηνεύεται κατά 24.19% από το εκτιμηθέν υπόδειγμα. Το υπόλοιπο 75.81% είναι το ποσοστό της μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής που δεν ερμηνεύεται από το εκτιμηθέν υπόδειγμα και οφείλεται σε άλλους παράγοντες.

Παρακάτω απεικονίζονται τα διαγράμματα των καταλοίπων κάθε μίας εξίσωσης από το παραπάνω διανυσματικό υπόδειγμα.



. Διάγραμμα 4.5

### Διαγραμματική απεικόνιση καταλοίπων του VECM

#### 4.7.1 Αιτιότητα κατά Granger

Η ύπαρξη χρονοσειρών στην ανάλυση δίνει την δυνατότητα να ελεγχθεί εάν οι μεταβολές μιας μεταβλητής επηρεάζουν τις μεταβολές μιας άλλης μεταβλητής. Πιο συγκεκριμένα, είναι σημαντικό να διεξαχθεί ο έλεγχος για να διαπιστωθεί εάν οι επενδυτές λαμβάνουν υπόψη τον συστηματικό κίνδυνο της αγοράς, μέσω κάποιων δεικτών, προτού τοποθετήσουν τα χρήματά τους στον χρηματιστηριακό δείκτη S&P 500 και στα έντοκα γραμμάτια Αμερικάνικου δημοσίου επηρεάζοντας το επιτόκιο. Ακόμη, μπορεί να ληφθεί η πληροφορία για το εάν οι παρελθούσες τιμές των μακροοικονομικών δεικτών μπορούν να προκαλέσουν τις τιμές του

συστημικού κινδύνου για τους συγκεκριμένους δείκτες που πραγματοποιείται η ανάλυση και το αντίστροφο.

Έτσι, η ανάλυση πρόκειται να επικεντρωθεί στην αιτιώδη σχέση ανάμεσα στον δείκτη συστημικού κινδύνου absorption και στις άλλες 4 μεταβλητές. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

**Πίνακας 4.9**

**Αιτιότητα κατά Granger**

Κατεύθυνση εξάρτησης	Granger causality			
	Lag 1	Lag 2	Lag 3	Lag 4
Dabr → Dlogsp500	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Dlogsp500 → Dabr	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Dabr → Dlogiind	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Dlogiind → Dabr	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Dabr → Dinfl	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Dinfl → Dabr	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι
Dabr → Dr <sub>3</sub>	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Dr <sub>3</sub> → Dabr	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι

Από τον πίνακα φαίνεται πως δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι η εξάρτηση μεταξύ των 4 μεταβλητών και του δείκτη συστημικού κινδύνου προέρχεται συγκεκριμένα από κάποια από τις εξεταζόμενες μεταβλητές δεδομένου της πρώτης και της τρίτης χρονικής υστέρησης που λήφθηκαν υπόψη. Όμως, υπάρχει στην δεύτερη και τέταρτη χρονική υστέρηση μία κατεύθυνση εξάρτησης. Πιο συγκεκριμένα, μετά από τον έλεγχο που διενεργήθηκε απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση ότι η στάσιμη σειρά του πληθωρισμού δεν προκαλεί αιτιότητα κατά Granger στην στάσιμη σειρά του δείκτη absorption. Επομένως, ο πληθωρισμός προκαλεί τον συστημικό δείκτη absorption.

Συνεχίζοντας, το πεδίο ενδιαφέροντος της συγκεκριμένης ανάλυσης είναι ανάμεσα στους δείκτες συστημικού κινδύνου και τις άλλες εξεταζόμενες μεταβλητές. Στον κάτωθι πίνακα φαίνεται ότι δεν υπάρχει κάποια αιτιότητα κατά Granger μεταξύ του δείκτη aim και των άλλων 4 μεταβλητών. Έτσι, δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι οι συγκεκριμένες κατευθύνσεις εξάρτησης προέρχονται από τις εξεταζόμενες μεταβλητές καθώς και ότι οι παρελθούσες τιμές της μεταβλητής aim δεν επηρεάζουν τις τρέχουσες τιμές των άλλων μεταβλητών και το αντίστροφο.

**Πίνακας 4.10****Αιτιότητα κατά Granger**

Κατεύθυνση εξάρτησης	Granger causality			
	Lag 1	Lag 2	Lag 3	Lag 4
Daim → Dlogsp500	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Dlogsp500 → Daim	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Daim → Dlogiind	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Dlogiind → Daim	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Daim → Dinfl	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Dinfl → Daim	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Daim → Dr <sub>3</sub>	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Dr <sub>3</sub> → Daim	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι η διερεύνηση, μέσω της αιτιότητας κατά Granger, θα βοηθήσει στην εύρεση εξάρτησης από μία μεταβλητή στην άλλη, και το αντίστροφο, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες χρονικές υστερήσεις. Αναλυτικότερα, στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται οι σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών που εξετάζουμε και αν υπάρχει εξάρτηση μεταξύ του δείκτη συστημικού κινδύνου (dci) και των μακροοικονομικών και χρηματοοικονομικών μεταβλητών.

**Πίνακας 4.11****Αιτιότητα κατά Granger**

Κατεύθυνση εξάρτησης	Granger causality			
	Lag 1	Lag 2	Lag 3	Lag 4
Ddci → Dlogsp500	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Dlogsp500 → Ddci	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Ddci → Dlogiind	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Dlogiind → Ddci	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Ddci → Dinfl	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Dinfl → Ddci	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Ddci → Dr <sub>3</sub>	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Dr <sub>3</sub> → Ddci	Όχι	Όχι	Ναι	Ναι

Σύμφωνα με τον πίνακα, στην πρώτη και δεύτερη χρονική υστέρηση η μόνη αιτιότητα που υπάρχει είναι μεταξύ του δείκτη dci και του επιτοκίου 3-μηνων εντόκων γραμματίων. Δηλαδή, ο δείκτης συστημικού κινδύνου προκαλεί το επιτόκιο εντόκων γραμματίων σε επίπεδο σημαντικότητα 5%. Ενδιαφέρον παρουσιάζεται στην Τρίτη και τέταρτη χρονική υστέρηση όπου το ζευγάρι dci και r<sub>3</sub> εμφανίζει μία αμφίδρομη αιτιότητα καθώς το ένα

προκαλεί το άλλο, αφού σε επίπεδο σημαντικότητας 5% απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση ότι δεν υπάρχει αιτιώδης σχέση

#### 4.8 Διανυσματικό αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα

Αρχικά, τα αυτοπαλίνδρομα διανύσματα προτάθηκαν από τον Sims το 1980 και από τότε χρησιμοποιούνται ευρέως στην ανάλυση χρονολογικών σειρών. Το αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα υπάρχει όταν οι χρονικές υστερήσεις της εξαρτημένης μεταβλητής χρησιμοποιούνται ως ανεξάρτητες στην ίδια παλινδρόμηση, δηλαδή ισχύει:

$Y_t = a_0 + a_1 Y_{t-1} + a_2 Y_{t-2} + \dots + a_n Y_{t-n} + u_t$ , και τότε το υπόδειγμα θεωρείται ένα αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα τάξης  $n$  ή πιο απλά  $AR(n)$ . Τα αυτοπαλίνδρομα διανύσματα VAR είναι μία γενίκευση των αυτοπαλινδρόμων υποδειγμάτων. Ο όρος αυτοπαλίνδρομο οφείλεται στις χρονικές υστερήσεις της εξαρτημένης μεταβλητής, οι οποίες βρίσκονται στο δεξί μέρος της εξίσωσης, ενώ ο όρος διάνυσμα οφείλεται στο γεγονός ότι αναφέρεται ένα διάνυσμα δύο ή περισσότερων μεταβλητών. Γενικά, αυτοπαλίνδρομο διάνυσμα λέγεται ένα διάνυσμα στήλης  $n$  μεταβλητών της εξαρτημένης μεταβλητής  $Y$ , η οποία εκφράζεται ως συνάρτηση των χρονικών υστερήσεων της. Το πιο απλό αυτοπαλίνδρομο διάνυσμα είναι ένα σύστημα που περιλαμβάνει δύο εξισώσεις και αυτό συμβαίνει διότι υπάρχουν δύο μεταβλητές και μία χρονική υστέρηση και συμβολίζεται ως  $VAR(1)$ . Έτσι, το συγκεκριμένο υπόδειγμα έχει την μορφή:

$$\begin{aligned} Y_{1,t} &= a_{10} + a_{11} Y_{1,t-1} + a_{12} Y_{2,t-1} + u_{1,t} \\ Y_{2,t} &= a_{20} + a_{21} Y_{2,t-1} + a_{22} Y_{1,t-1} + u_{2,t} \end{aligned}$$

Διαφορετικά το σύστημα μπορεί να γραφεί και με την μορφή πινάκων, το οποίο γίνεται:

$$\begin{bmatrix} Y_{1,t} \\ Y_{2,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{10} \\ a_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{22} & a_{21} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1,t-1} \\ Y_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{1,t} \\ u_{2,t} \end{bmatrix}$$

Το εν λόγω υπόδειγμα μπορεί να εκτιμηθεί με την μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων (OLS) και η εκτίμηση που θα προκύψει δίνει συνεπείς<sup>3</sup> και αποτελεσματικούς<sup>4</sup> εκτιμητές των

<sup>3</sup> Ένας εκτιμητής  $\hat{\theta}_n$  είναι συνεπής εφόσον το  $\hat{\theta}_n$  τείνει στο  $\theta$  όταν το  $n \rightarrow \infty$ .  
 $\lim_{T \rightarrow \infty} P(|\hat{\theta}_n - \theta| < \varepsilon) = 1$ , για οποιοδήποτε  $\varepsilon > 0$ .

συντελεστών της κάθε μεταβλητής. Επιπλέον, δίνει την δυνατότητα χρήσης όχι μόνο χρονικών υστερήσεων της εξαρτημένης μεταβλητής αλλά και άλλων μεταβλητών, από τις οποίες πιθανόν να εξαρτώνται οι τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής.

Εφ' όσον πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος συνολοκλήρωσης για τις σειρές  $\log sp500$ ,  $\log iind$ ,  $infl$ ,  $r_3$  και  $mes$  βρίσκοντας μία αντίθεση ανάμεσα στους δύο ελέγχους και για να υπάρχει συνέπεια για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων θεωρούμε ότι δεν υπάρχει κάποιος γραμμικός συνδυασμός, ο οποίος να είναι στάσιμη σειρά. Επομένως, εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι συγκεκριμένες σειρές δεν συνολοκληρώνονται. Με αυτήν την παραδοχή οι εκτιμήσεις που εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα γίνονται με την βοήθεια του διανυσματικού αυτοπαλίνδρομου υποδείγματος.

**Πίνακας 4.12**

**Εκτιμήσεις VAR**

Vector autoregressive model	Εξαρτημένες μεταβλητές				
		Dlogsp500	Dlogiind	Dinfl	Dr <sub>3</sub>
Ανεξάρτητες μεταβλητές	Dlogsp500 <sub>t-1</sub>	-0.0250 (-0.5455)	0.0075 (1.0522)	0.0034 (0.8756)	0.6537 (1.4175)
	Dlogsp500 <sub>t-2</sub>	-0.0617 (-1.3994)	0.0162* (2.3570)	0.0017 (0.4568)	1.1721* (2.6411)
	Dlogiind <sub>t-1</sub>	0.6007* (2.1106)	0.2658* (5.9761)	0.0058 (0.2389)	8.8562* (3.0951)
	Dlogiind <sub>t-2</sub>	-0.2155 (-0.7546)	0.1587 (1.6537)	0.0888* (3.6252)	6.2301* (2.1700)
	Dinfl <sub>t-1</sub>	-0.7369 (-1.4192)	0.1341 (1.6537)	0.3343* (7.5007)	11.4816* (2.1996)
	Dinfl <sub>t-2</sub>	-0.7609 (-1.4843)	-0.1888* (-2.3580)	-0.0129 (-0.2944)	-12.4407* (-2.4142)
	Dr <sub>3,t-1</sub>	-0.0110* (-2.5414)	0.0016* (2.3590)	0.0003 (0.9151)	0.3567* (8.1786)
	Dr <sub>3,t-2</sub>	0.0027 (0.6211)	0.0010 (1.5251)	0.0006 (1.8394)	-0.2389* (-5.4344)
	Dmes	-5.2106* (-5.7333)	-0.1390 (-0.9790)	-0.1505 (-1.9298)	-5.7899 (-0.6337)
	Constant	0.0051* (2.4606)	0.0009* (3.0074)	-0.0002 (-1.2108)	-0.0488 (-2.3389)

σε παρένθεση οι τιμές της t-statistic, με \* οι στατιστικά σημαντικές μεταβλητές

<sup>4</sup> Ένας εκτιμητής  $\hat{\theta}$  είναι αποτελεσματικός εκτιμητής της παραμέτρου  $\theta$  όταν είναι αμερόληπτος και έχει την μικρότερη διακύμανση μεταξύ όλων των αμερόληπτων εκτιμητών της  $\theta$ .

Όπως και στο υπόδειγμα διόρθωσης λαθών, έτσι και στο διανυσματικό αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα κάθε στήλη του πίνακα αναφέρεται σε μία εξίσωση VAR. Ερμηνεύοντας τα αποτελέσματα κάθε εξίσωσης ξεχωριστά παρατηρείται, αρχικά, ότι ως εξαρτημένη μεταβλητή για την πρώτη εξίσωση χρησιμοποιείται ο δείκτης  $dlogsp500$ . Ύστερα από τον έλεγχο της  $t$ -statistic 3 από τις 9 συνολικά μεταβλητές παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα μία εκ των οποίων είναι και ο δείκτης συτημικού κινδύνου  $mes$ . Αυτό σύμφωνα με την ερμηνεία του πολλαπλού υποδείγματος σημαίνει ότι αν ο δείκτης  $dmes$  μεταβληθεί κατά μία μονάδα η εξαρτημένη μεταβλητή ( $dlogsp500$ ) αναμένεται να μεταβληθεί να μειωθεί κατά 5.21, θεωρώντας ότι όλες οι υπόλοιπες μεταβλητές του υποδείγματος παραμένουν σταθερές. Επιπλέον, η μεταβλητότητα των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής ερμηνεύεται κατά 9.41% από το εκτιμηθέν υπόδειγμα. παράλληλα, η  $F$  στατιστική να λαμβάνει τιμή ίση με 5.6715, απορρίπτοντας την μηδενική υπόθεση ότι όλοι οι συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών είναι ταυτόχρονα μηδέν.

Περνώντας στην δεύτερη εξίσωση VAR παρατηρείται ότι υπάρχουν περισσότεροι στατιστικά σημαντικοί συντελεστές από την πρώτη εξίσωση και ειδικότερα τους  $Dlogsp500_{t-2}$ ,  $Dlogiind_{t-1}$ ,  $Dinfl_{t-2}$  και  $Dr_{3,t-1}$ . Ικανοποιητικός είναι ο συντελεστής προσδιορισμού που ανέρχεται 21.15%, το οποίο σημαίνει ότι η μεταβλητότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών ερμηνεύει κατά το ανωτέρω ποσό την μεταβλητότητα των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής ( $Dlogiind$ ).

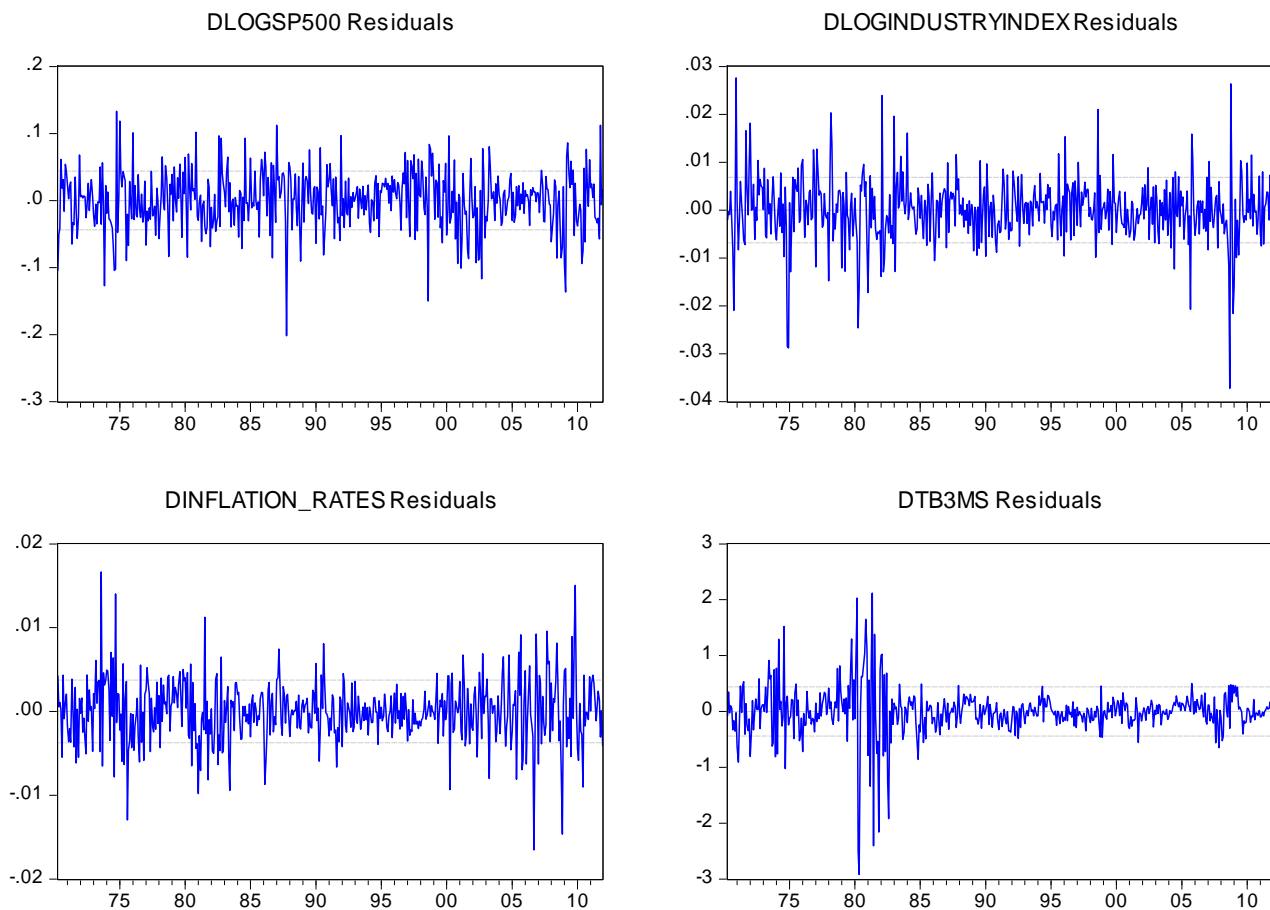
Η εξαρτημένη μεταβλητή της τρίτης εξίσωσης είναι η στάσιμη σειρά του πληθωρισμού. Σε αυτήν την περίπτωση, εμφανίζονται μόνο δύο μεταβλητές που παρουσιάζουν στατιστική μεταβλητότητα, η δεύτερη και η πρώτη χρονική υστέρηση του στάσιμου λογαριθμησμένου δείκτη βιομηχανικής παραγωγής και του στάσιμου πληθωρισμού αντίστοιχα. Ακόμη, η μεταβλητότητα των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής ερμηνεύεται κατά 20.64% από το εκτιμηθέν υπόδειγμα. Λόγω του συντελεστή προσδιορισμού η στατιστική  $F$  παίρνει τιμή 14.1911, απορρίπτοντας την μηδενική υπόθεση συμβαδίζοντας ταυτόχρονα με τα αποτελέσματα του ελέγχου της  $t$ -statistic.

Στην τέταρτη εξίσωση του διανυσματικού αυτοπαλίνδρομου υποδείγματος εμφανίζονται οι περισσότερες στατιστικά σημαντικές μεταβλητές (7 από τις 9). Σύμφωνα με τον συντελεστή προσδιορισμού, το υπόδειγμα κρίνεται ικανοποιητικό αφού η μεταβλητότητα των



τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής ερμηνεύεται κατά 22.45% από την ταυτόχρονη μεταβλητότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Τα διαγράμματα των καταλοίπων εμφανίζονται στα παρακάτω σχήματα για κάθε μία από τις εξισώσεις του διανυσματικού υποδείγματος.



**Διάγραμμα 4.6**

**Διαγραμματική απεικόνιση καταλοίπων VAR**

### 4.8.1 Αιτιότητα κατά Granger

Η έρευνα σε αυτό το σημείο γίνεται για να βρεθεί η κατεύθυνση της εξάρτησης μεταξύ του συστημικού δείκτη mes και των άλλων 4 εξεταζόμενων μεταβλητών. Το πρόγραμμα Eviews δίνει τα ακόλουθα αποτελέσματα.

### Πίνακας 4.13

#### Αιτιότητα κατά Granger

Κατεύθυνση εξάρτησης	Granger causality			
	Lag 1	Lag 2	Lag 3	Lag 4
Dmes → Dlogsp500	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Dlogsp500 → Dmes	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Dmes → Dlogiind	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Dlogiind → Dmes	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Dmes → Dinfl	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Dinfl → Dmes	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Dmes → Dr <sub>3</sub>	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
Dr <sub>3</sub> → Dmes	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι

Σύμφωνα με τους ελέγχους για την αιτιότητα κατά Granger, για τις πρώτες 4 χρονικές υστερήσεις τα αποτελέσματα παραμένουν ίδια όσο αφορά την κατεύθυνση της εξάρτησης. Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται ότι ο δείκτης S&P 500 προκαλεί τον δείκτη mes, αλλά δεν συμβαίνει το αντίστροφο. Ο δείκτης mes προκαλεί για τις 4 πρώτες χρονικές υστερήσεις τον δείκτη βιομηχανικής παραγωγής και τον πληθωρισμό. Όμως, δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια αιτιώδης σχέση ανάμεσα στο επιτόκιο 3-μηνων εντόκων γραμματίων και τον δείκτη συστημικού κινδύνου mes. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι η εξάρτηση λαμβάνει χώρα την ίδια χρονική στιγμή και δεν σχετίζεται με παρελθούσες τιμές τους.

#### 4.9 Ανταπόκριση αντίδρασης (impulse response)

Πολλές φορές η αιτιότητα κατά Granger μπορεί να μην απεικονίζει ολόκληρη την αλήθεια σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις των μεταβλητών ενός συστήματος. Γι' αυτό τον λόγο, για να εξεταστούν οι επιδράσεις στο σύνολο των μεταβλητών χρειάζεται να υπάρχει η γνώση σχετικά με την επίδραση ενός εξωγενούς γεγονότος πάνω στην ίδια την μεταβλητή αλλά και την κυλιόμενη επίδραση πάνω στις άλλες ενδογενείς μεταβλητές. Κατά αυτόν τον τρόπο, καθίσταται σημαντική η ανάλυση impulse response στις ενδογενείς εξεταζόμενες μεταβλητές. Επομένως, ένα εξωγενές σοκ σε μία μεταβλητή δεν επηρεάζει μόνο την συγκεκριμένη μεταβλητή (άμεση αντίδραση) αλλά μεταφέρεται και σε όλες τις άλλες ενδογενείς μεταβλητές

(έμμεση αντίδραση) μέσω της δυναμικής των χρονικών υστερήσεων, που είναι δομημένο ένα VAR ή ένα VECM. Η μέθοδος impulse response εντοπίζει την επίδραση της τυπικής απόκλισης ενός μη αναπάντεχου γεγονότος σε μία ενδογενής μεταβλητή και εμφανίζεται σε τρέχων ή σε μελλοντικές τιμές.

Προχωρώντας στην μαθηματική απεικόνιση θεωρούμε ένα απλό υπόδειγμα VAR(1) με δύο μεταβλητές:

$$y_t = c_1 + a_1 y_{t-1} + b_1 x_{t-1} + u_t$$

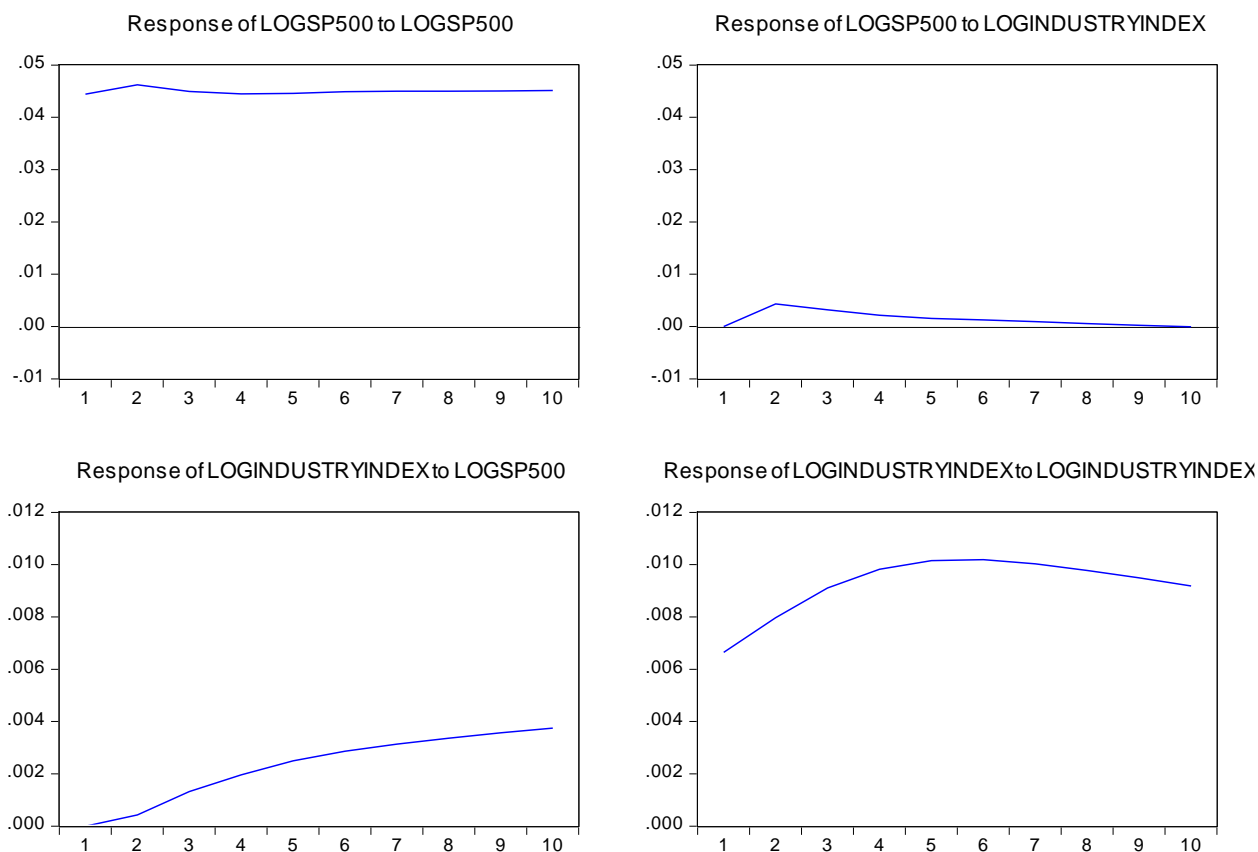
$$x_t = c_2 + a'_1 y_{t-1} + b'_1 x_{t-1} + u'_t, \text{ όπου } u_t, u'_t \sim iid N(0, \sigma^2)$$

Έστω ότι ένας εξωγενής παράγοντας επηρεάζει το σφάλμα<sup>5</sup>  $u'_t$  αυτό σημαίνει ότι η μεταβλητή  $x_t$  θα επηρεαστεί άμεσα, που με την σειρά της θα επηρεάσει την  $y_{t+1}$  με δύο τρόπους. Πρώτον, θα εμφανιστεί στην εξίσωση όπου σαν εξαρτημένη μεταβλητή πρόκειται να βρίσκεται η  $y_{t+1}$  και δεύτερον αυτό ίσως επηρεάσει και το σφάλμα  $u_t$ , καθώς η συνδιακύμανση των δύο σφαλμάτων δεν είναι μηδενική, και αυτό επηρεάζει την μεταβλητή  $y_t$ . Όπως γίνεται αντιληπτό, υπάρχει μία συνεχής εξάπλωση αυτού του γεγονότος στις ενδογενείς μεταβλητές.

Στην συγκεκριμένη έρευνα, εξετάζονται οι ενδογενείς μεταβλητές logsp500, logiind, infl και r3, δείχνοντας πως αντιδρούν σε ένα εξωγενές γεγονός όταν αυτό εμφανίζεται σε κάθε μία από αυτές. Παρακάτω εμφανίζονται τα διαγράμματα της μεθόδου impulse response ανά δύο ενδογενών μεταβλητών.

---

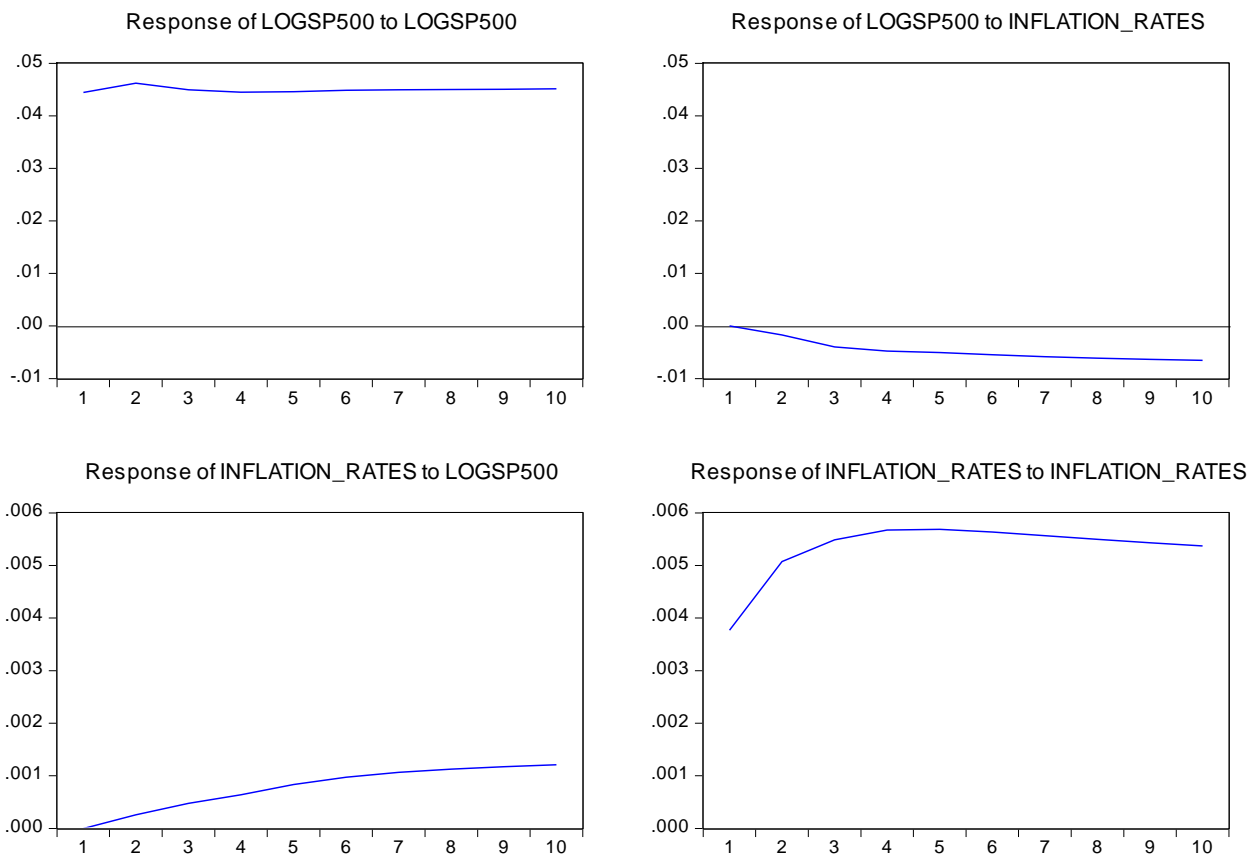
<sup>5</sup> Οι τιμές του σφάλματος περιλαμβάνουν τιμές άλλων ποσοτικά μετρήσιμων μεταβλητών, τιμές άλλων μη ποσοτικά μετρήσιμων μεταβλητών, λανθασμένη μορφή υποδείγματος, τυχαίους και απρόσμενους παράγοντες.



**Διάγραμμα 4.7**

**Απεικόνιση αντίδρασης μεταβλητών logsp500 logiind**

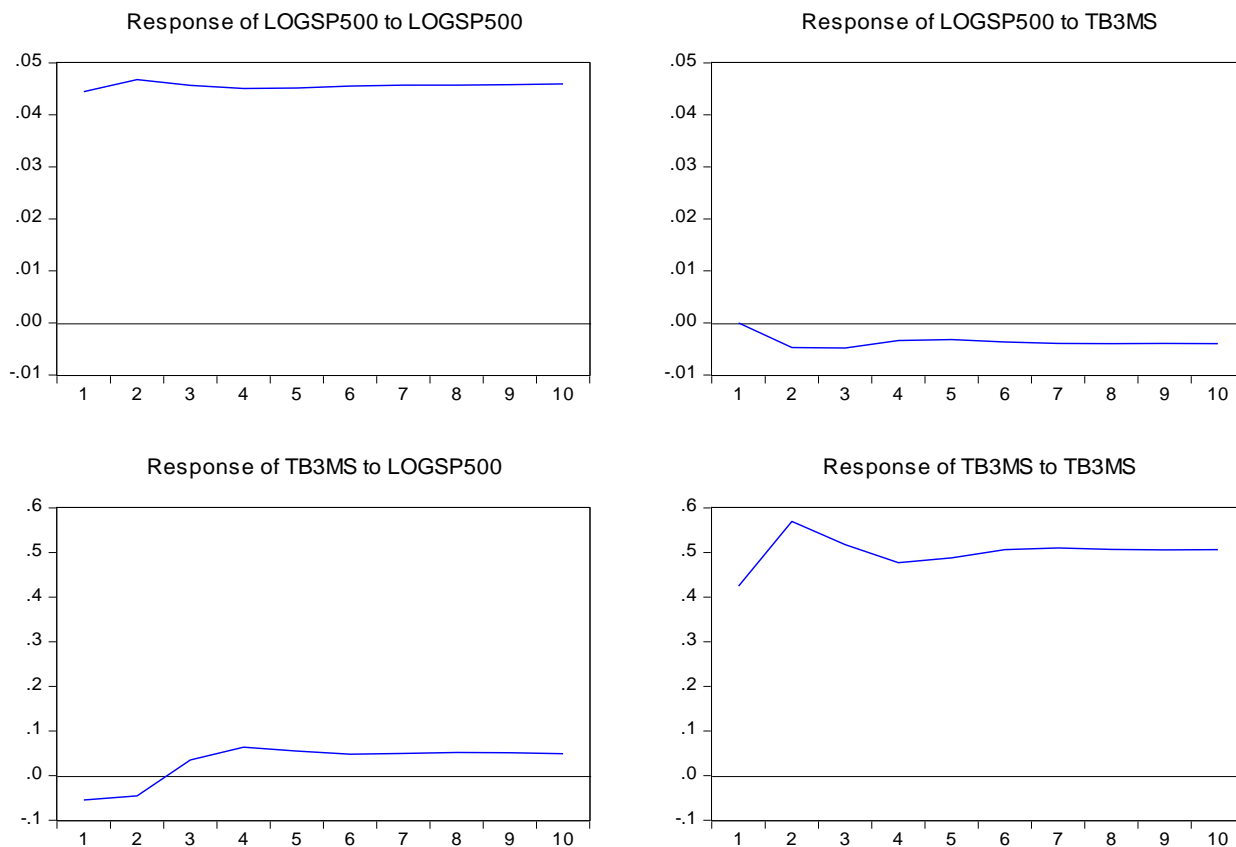
Στο πρώτο διάγραμμα παρατηρείται ότι ένα σοκ στην μεταβλητή logsp500 έχει άμεση επίδραση στην ίδια μεταβλητή καθώς την μετακινεί ελάχιστα παραπάνω και μετά από κάποιο χρονικό διάστημα μεταβλητή επιστρέφει στην αρχική της κατάσταση χωρίς να παρουσιάζει συγκεκριμένη συμπεριφορά. Το ίδιο συμβαίνει και με την δεύτερη μεταβλητή (logiind) η οποία στην αρχή επηρεάζεται άμεσα από το σοκ που δέχεται. Περνώντας στην ανάλυση κατά την οποία το σοκ επηρεάζει την άλλη μεταβλητή μέσω της αρχικής εκεί τα πράγμα είναι διαφορετικά. Αρχικά, ένα σοκ στην logsp500 δεν επηρεάζει ταυτόχρονα την μεταβλητή logiind αλλά μετά από μία χρονική περίοδο. Έτσι, η μεταβλητή logiind δεν επιστρέφει στην αρχική της κατάσταση αλλά συνεχώς αυξάνεται. Αντίθετα, η επίδραση που έχει ένα γεγονός της logiind στην logsp500 μοιάζει διαφορετική καθώς όσο αυξάνονται οι περίοδοι φαίνεται ότι η logsp500 απορροφάει το σοκ και επιστρέφει στην αρχική της κατάσταση.



**Διάγραμμα 4.8**

**Απεικόνιση αντίδρασης μεταβλητών logsp500 infl**

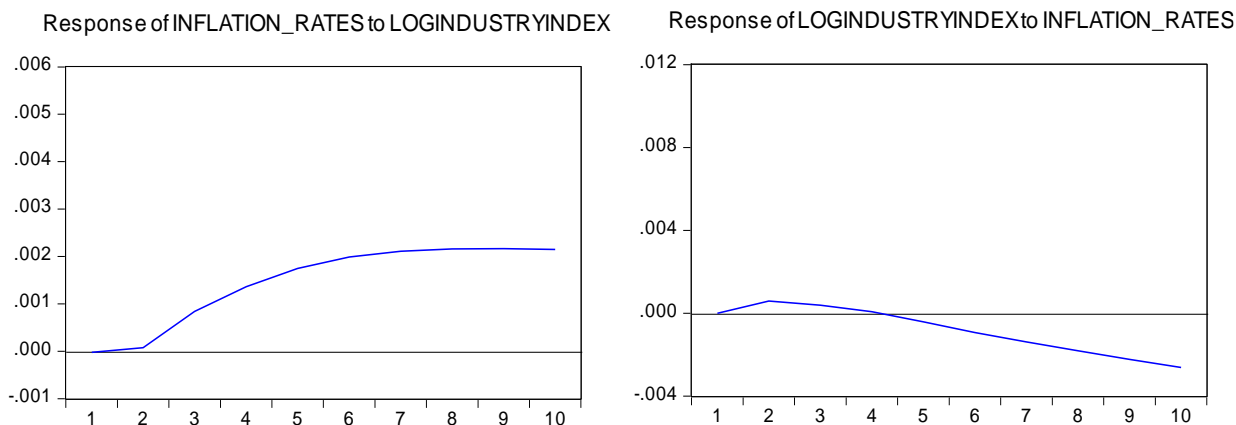
Σχετικά με τον πληθωρισμό υπάρχει άμεση επίδραση του σοκ πάνω στην τιμή του και αυτό φαίνεται από το διάγραμμα καθώς άμεσα μετακινείται σε ένα υψηλότερο επίπεδο από την αρχική κατάσταση ενώ μακροχρόνια φαίνεται να επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση αφού συνεχώς η κύλιση του σοκ σε κάθε μία περίοδο είναι όλο και μικρότερη. Όταν ένα γεγονός εμφανιστεί να επηρεάζει την μεταβλητή logsp500, η μεταβλητή infl επηρεάζεται την επόμενη χρονική περίοδο και όπως παρατηρείται συνεχώς αυξάνεται με μειούμενο ρυθμό. Αντίθετα, όταν ένα σοκ επηρεάσει την μεταβλητή infl, η logsp500 διαρκώς βαίνει μικρότερη προμηνύοντας πιθανώς μία αρνητική εξέλιξη.



**Διάγραμμα 4.9**

**Απεικόνιση αντίδρασης μεταβλητών logsp500 r<sub>3</sub>**

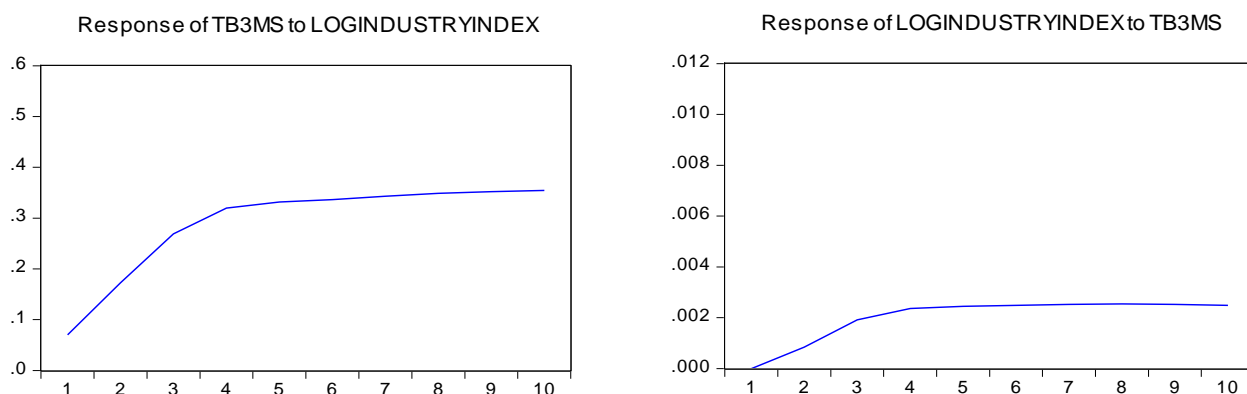
Σχετικά με το τρίμηνο επιτόκιο εντόκων γραμματίων η άμεση επίδραση του σοκ πάνω στην μεταβλητή φαίνεται στο τελευταίο διάγραμμα καθώς μετακινείται άμεσα προς τα πάνω. Όμως, όταν το γεγονός εμφανιστεί στην μεταβλητή logsp500 μετά από μία χρονική περίοδο το επιτόκιο φαίνεται να επηρεάζεται κινούμενο προς τα πάνω μέχρι την τέταρτη χρονική περίοδο και στην συνέχεια εμφανίζει μία στασιμότητα. Εν συνεχεία, καθώς η πρώτη επίδραση έρχεται από το σοκ πάνω στο επιτόκιο η logsp500 μετά από μία χρονική περίοδο μειώνεται και σταθεροποιείται μετά από πολλές χρονικές περιόδους.



**Διάγραμμα 4.10**

**Απεικόνιση αντίδρασης μεταβλητών logiind infl**

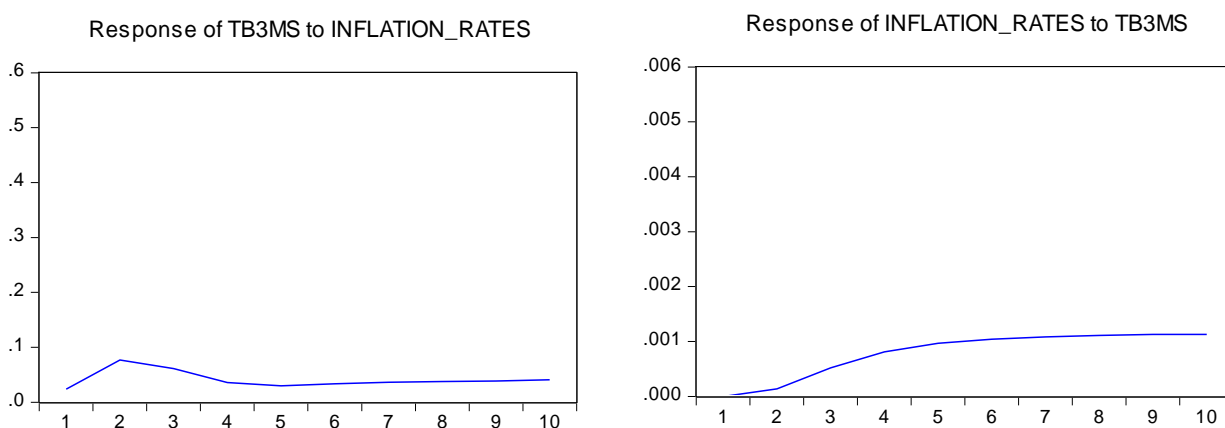
Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούνται δύο αντιδράσεις μία είναι πως ανταποκρίνεται η μεταβλητή logiind σε ένα σοκ που επηρεάζει άμεσα την μεταβλητή infl και η άλλη πως ανταποκρίνεται η μεταβλητή infl σε ένα σοκ που επηρεάζει άμεσα την logiind. Αρχικά, όταν το σοκ επηρεάζει άμεσα την infl τότε μετά από μία χρονική περίοδο επηρεάζει και την logiind αφού μετακινείται ελαφρώς προς τα πάνω και στην συνέχεια στην τέταρτη κατά σειρά περίοδο γίνεται μικρότερη και της αρχικής της κατάστασης και διαρκώς μειώνεται. Από την άλλη μεριά, όταν το σοκ επηρεάζει άμεσα την logiind, η infl αρχικά αυξάνεται με έντονο ρυθμό και στη συνέχεια συνεχώς φθίνει.



**Διάγραμμα 4.11**

**Απεικόνιση αντίδρασης μεταβλητών logiind r3**

Στο άνωθεν διάγραμμα οι δύο μεταβλητές παρουσιάζουν σχεδόν την ίδια συμπεριφορά για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο σχετικά με το σοκ που προέρχεται μέσω της άλλης μεταβλητής. Πιο συγκεκριμένα, και οι δύο αρχικά και μετά από μία περίοδο αφότου έχει εμφανιστεί το εξωγενές γεγονός στην μία μεταβλητή, αυξάνουν με έντονο ρυθμό και μετά την τέταρτη περίοδο φαίνεται να σταθεροποιούνται. Η διαφορά βρίσκεται σε μακροχρόνια περίοδο κατά την οποία το σοκ που προέρχεται μέσω της  $logiind$  φαίνεται να αυξάνει σε μακροπρόθεσμο διάστημα την  $infl$ , σε αντίθεση με την άλλη περίπτωση όπου η μεταβλητή  $logiind$  φαίνεται να μειώνεται μακροχρόνια μετά από το σοκ που προέρχεται μέσω της  $infl$ .



**Διάγραμμα 4.12**

### **Απεικόνιση αντίδρασης μεταβλητών $infl$ $r_3$**

Τέλος, το σοκ πάνω στην  $infl$  δεν φαίνεται να επηρεάζει ταυτόχρονα την μεταβλητή  $r_3$  αλλά μετά από μία χρονική περίοδο. Έτσι, στην αρχή και μετά το σοκ που μετακυλύετε στο τρίμηνο επιτόκιο εντόκων γραμματίων αυξάνεται ενώ στην συνέχεια μειώνεται προσεγγίζοντας και σταθεροποιώντας το κοντά στην αρχική του ισορροπία. Σε αντίθεση με την πρώτη περίπτωση, όταν το σοκ προέρχεται από την μεταβλητή  $r_3$  ο πληθωρισμός διαρκώς αυξάνεται και δεν επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι σημαντική επίδραση σε αυτήν την περίπτωση παίζουν οι προσδοκίες και η σχέση του επιτοκίου με τον πληθωρισμό μέσω της σχέσης του Fischer. Δηλαδή, όταν ένα



εξωγενές γεγονός επηρεάσει άμεσα το επιτόκιο, αυτό με την σειρά του θα επηρεάσει τον πληθωρισμό, ο οποίος επιδρά καθοριστικά στις προσδοκίες των καταναλωτών.

#### 4.10 Ανάλυση αποσύνθεσης διακύμανσης (variance decomposition)

Μετά την ανάλυση της αντίδρασης της κάθε μεταβλητής σε ένα εξωγενές γεγονός και την κυλιόμενη επίδρασή του σε όλες τις ενδογενείς μεταβλητές, σκοπός είναι να αναλύθει όσο το δυνατόν περισσότερο η διακύμανση που μπορεί να προκληθεί από ένα σοκ μεταξύ των ενδογενών μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυση variance decomposition αποσυνθέτει την μεταβολή, που προέρχεται από ένα εξωγενές γεγονός, μιας ενδογενής μεταβλητής επιμερίζοντας την στις άλλες συνιστώσες, που αποτελούν το VAR ή το VECM, ανάλογα με την χρονική περίοδο. Έτσι, η εν λόγω ανάλυση παρέχει πληροφορίες σχετικά με την σημαντικότητα της κάθε τυχαιότητας που προκαλεί το σοκ στις ενδογενείς εξεταζόμενες μεταβλητές.

Στην συγκεκριμένη ανάλυση χρησιμοποιούνται οι μεταβλητές: logsp500, logiind, infl και r3<sup>6</sup>. Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες με την ανάλυση variance decomposition για κάθε μία από τις προαναφερόμενες μεταβλητές και πως γίνεται η επιμέρους κατανομή.

**Πίνακας 4.14**

##### **Αποσύνθεση διακύμανσης logsp500**

Περίοδος	Τυπική απόκλιση	Logsp500	Logiind	Infl	R <sub>3</sub>
1	0.044440	100.0000	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.064826	99.07189	0.302743	0.093318	0.532052
3	0.079581	98.64102	0.291607	0.348340	0.719038
4	0.091655	98.51308	0.251503	0.557600	0.677822
5	0.102362	98.44007	0.211713	0.707803	0.640412
6	0.112241	98.33799	0.179838	0.842882	0.639291
7	0.121401	98.22458	0.154404	0.968364	0.652652
8	0.129943	98.12006	0.134807	1.081867	0.663269
9	0.137993	98.02474	0.120400	1.184537	0.670322
10	0.145649	97.93336	0.110167	1.279719	0.676755

<sup>6</sup> Οι συγκεκριμένες μεταβλητές στην ανάλυση παρουσιάζονται ως ενδογενείς μεταβλητές, ενώ ως εξωγενείς εμφανίζονται μόνο εκείνες που αφορούν τον συστημικό κίνδυνο.

Ο πίνακας απεικονίζει τόσο την αποσύνθεση της διακύμανσης της κάθε μεταβλητής όσο και την τυπική απόκλιση, η οποία συμπεριλαμβάνει το σφάλμα πρόβλεψης της μεταβλητής για τον συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα. Ακόμη, δίνονται τα ποσοστά των διακυμάνσεων της κάθε μεταβλητής εξαιτίας ενός γεγονότος, με το άθροισμά τους να είναι 100.

Στον πίνακα παρατηρείται η αποσύνθεση της διακύμανσης της λογαριθμησμένης μεταβλητής  $sp500$ . Κατά την διάρκεια της πρώτης περιόδου όλη η τυχαιότητα προέρχεται από την ίδια την μεταβλητή. Στην δεύτερη περίοδο όμως οι άλλες ενδογενείς μεταβλητές παίζουν ρόλο στην τυχαιότητα της  $logsp500$ . Επομένως, ένα μέρος της τυχαιότητας της  $logsp500$  παράγεται από την ίδια την μεταβλητή και το υπόλοιπο μέρος από τις άλλες μεταβλητές. Όσο μεγαλώνει το χρονικό διάστημα τόσο η τυχαιότητα της  $logsp500$  επηρεάζεται από την  $infl$  και  $R_3$ , ενώ η τυχαιότητα της  $logiind$  μειώνεται.

#### Πίνακας 4.15

##### Αποσύνθεση διακύμανσης $logiind$

Περίοδος	Τυπική απόκλιση	Logsp500	Logiind	Infl	$R_3$
1	0.006646	0.093675	99.90633	0.000000	0.000000
2	0.010533	0.039675	99.00947	0.306626	0.644229
3	0.014287	0.325749	97.29568	0.238997	2.139575
4	0.017767	0.792561	95.90780	0.155882	3.143760
5	0.020902	1.393881	94.81010	0.154419	3.641604
6	0.023697	2.008400	93.78766	0.274836	3.929101
7	0.026185	2.601452	92.74358	0.508563	4.146402
8	0.028416	3.187652	91.64956	0.843656	4.319134
9	0.030436	3.778915	90.49817	1.273104	4.449812
10	0.032285	4.377798	89.28374	1.791388	4.547075

Σε αντίθεση με τον πρώτο πίνακα, η τυχαιότητα της μεταβλητής  $logiind$  δεν προέρχεται εξ' ολοκλήρου από την ίδια αλλά και από την μεταβλητή  $logsp500$ , για την πρώτη χρονική περίοδο. Επίσης, όσο οι χρονικές περιόδους αυξάνονται τόσο η τυχαιότητα του λογαριθμησμένου δείκτη βιομηχανικής παραγωγής μειώνεται έχοντας μεγαλύτερη εξάρτηση από τις άλλες μεταβλητές.

**Πίνακας 4.16****Αποσύνθεση διακύμανσης infl**

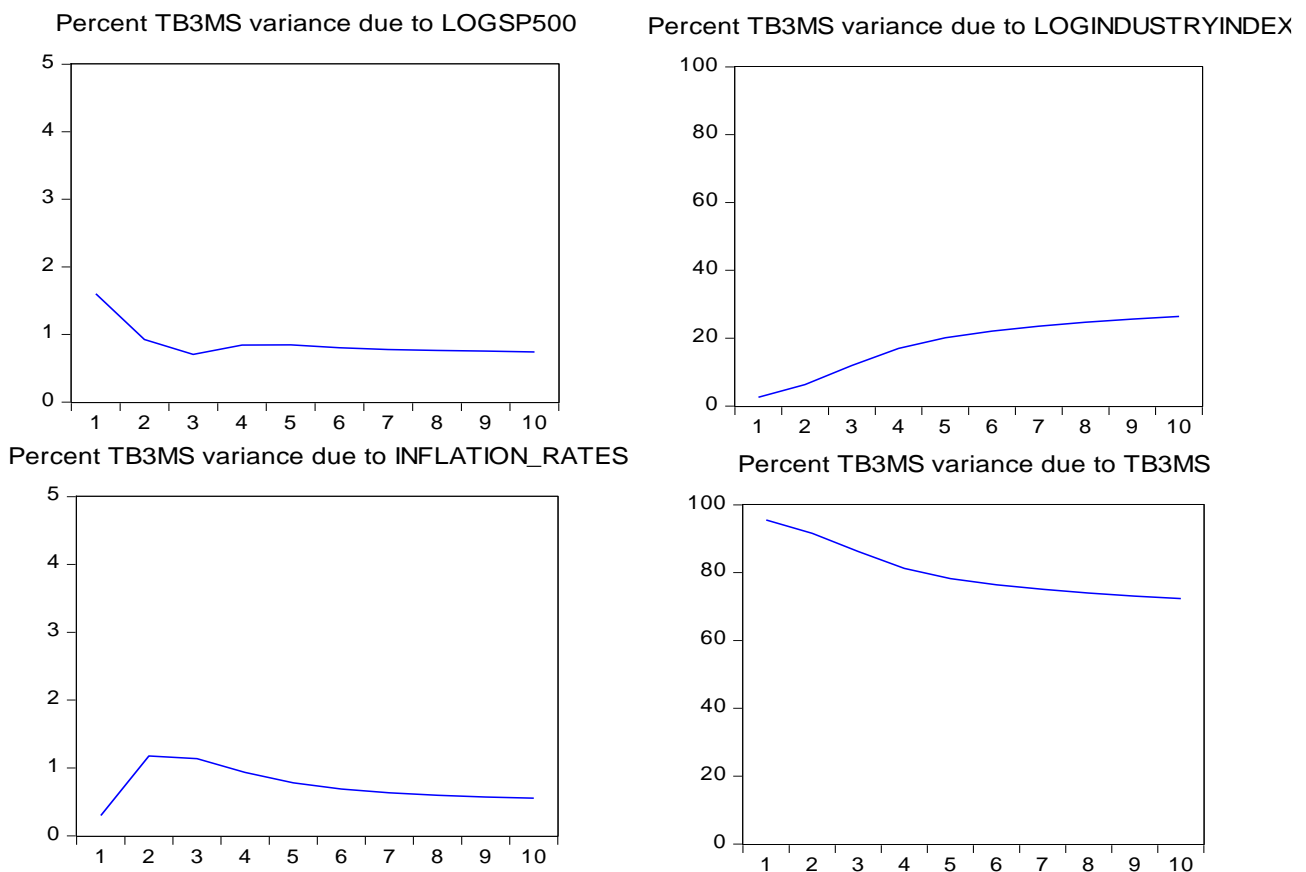
Περίοδος	Τυπική απόκλιση	Logsp500	Logiind	Infl	R <sub>3</sub>
1	0.003768	0.163466	0.003227	99.83331	0.000000
2	0.006325	0.060413	0.014777	99.87814	0.046670
3	0.008449	0.070823	0.996600	98.53096	0.401613
4	0.010326	0.112858	2.410339	96.58966	0.887147
5	0.011986	0.211034	3.909549	94.56795	1.311471
6	0.013467	0.336212	5.272765	92.75631	1.634717
7	0.014797	0.464819	6.397993	91.24856	1.888628
8	0.016006	0.587638	7.286875	90.02888	2.096607
9	0.017113	0.703701	7.976563	89.05207	2.267662
10	0.018134	0.813864	8.508652	88.26942	2.408064

Όσον αφορά την αποσύνθεση της διακύμανσης του πληθωρισμού παρατηρείται ότι την πρώτη χρονική περίοδο ένα μέρος της τυχαιότητας του προέρχεται τόσο από την μεταβλητή logsp500 όσο και από την μεταβλητή logiind. Επιπλέον, όσο οι χρονικές περιόδους αυξάνονται και πλησιάζουν το 10 τόσο οι τυχαιότητες των άλλων μεταβλητών παίζουν μεγαλύτερο ρόλο στην τυχαιότητα του πληθωρισμού καθώς η αύξησή τους προκαλεί μείωση στην μεταβλητή infl, αφού η τιμή της κάθε σειράς είναι ένα ποσοστό (πλην της τυπικής απόκλισης) και το άθροισμά τους πρέπει να ισούται με το 100.

**Πίνακας 4.17****Αποσύνθεση διακύμανσης r<sub>3</sub>**

Περίοδος	Τυπική απόκλιση	Logsp500	logiind	Infl	R <sub>3</sub>
1	0.434710	1.602485	2.605604	0.300964	95.49095
2	0.742129	0.925664	6.290609	1.176884	91.60684
3	0.946607	0.704841	11.92799	1.138307	86.22887
4	1.109498	0.841153	16.98413	0.933447	81.24127
5	1.258048	0.845699	20.15616	0.781421	78.21672
6	1.398362	0.802649	22.09333	0.689128	76.41490
7	1.528682	0.776105	23.51570	0.633424	75.07478
8	1.649064	0.764786	24.67960	0.595850	73.95976
9	1.761540	0.754048	25.62531	0.570181	73.05046
10	1.867906	0.739921	26.38688	0.554506	72.31869

Η τυχαιότητα του 3μηνου επιτοκίου εντόκων γραμματίων εμφανίζει διαφορετική σύνθεση από εκείνη των άλλων ενδογενών μεταβλητών. Αναλυτικότερα, κατά την πρώτη χρονική περίοδο ένα μέρος της τυχαιότητας της  $R_3$  εξαρτάται από τις άλλες μεταβλητές  $\logsp500$ ,  $\logiind$  και  $infl$ , ενώ στην δεύτερη χρονική περίοδο εμφανίζεται μία αύξηση της τυχαιότητας του πληθωρισμού, η οποία από εκεί και πέρα και μέχρι και την δέκατη περίοδο μειώνεται. Ιδιομορφία εμφανίζει και η μεταβλητή  $\logsp500$  όπου μέχρι την πέμπτη περίοδο αυξάνεται και μετά μειώνεται μέχρι και την δέκατη αυξομειώνοντας την συνεισφορά της τυχαιότητάς της στην αντίστοιχη της  $R_3$ . Αξίζει να παρουσιασθούν τα γραφήματα για την συγκεκριμένη περίπτωση που δίνουν καλύτερη εικόνα για τα δεδομένα του πίνακα.



**Διάγραμμα 4.13**

**Αποσύνθεση διακύμανσης  $r_3$**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Συμπεράσματα

Η χρήση τόσο των μακροοικονομικών μεταβλητών όσο και των χρηματοοικονομικών μεταβλητών παρέχει την δυνατότητα εξαγωγής συμπεράσματος για ένα διευρυμένο εύρος του οικονομικού συστήματος. Οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν δίνουν αξιόπιστα αποτελέσματα από τα οποία αντλούμε σημαντικές πληροφορίες. Η εξαγωγή συμπεράσματος για κάθε ένα δείκτη συστημικού κινδύνου ξεχωριστά είναι σημαντική καθώς κάποιοι δείκτες, όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1, είναι μικροοικονομικού ενώ ορισμένοι άλλοι είναι μακροοικονομικού επιπέδου.

Πιο συγκεκριμένα, ο μακροοικονομικός δείκτης absorption φαίνεται να έχει μία μακροχρόνια σχέση ισορροπίας σε συνδυασμό με τις μεταβλητές  $sp500$ ,  $iind$ ,  $infl$  και  $r_3$ . Αυτό συνεπάγεται την μακροχρόνια συσχέτιση των μεταβλητών, οι οποίες συγκλίνουν μακροχρόνια. Επιπλέον, με βάση τα αποτελέσματα ο δείκτης absorption μπορεί να μεταβάλλει μερικώς την μεταβλητή  $sp500$ . Ειδικότερα, αν ο δείκτης συστημικού κινδύνου μεταβληθεί κατά μία μονάδα ο  $sp500$  αναμένεται να μειωθεί κατά 0.429, θεωρώντας ότι οι άλλες μεταβλητές παραμένουν σταθερές. Επίσης, χρήσιμο είναι να αναφέρουμε ότι η συσχέτιση των  $sp500$  και absorption και του δείκτη βιομηχανικής παραγωγής και absorption είναι υψηλή και προσεγγίζει το 0.8 και το 0.83 αντίστοιχα.

Συνεχίζοντας με το δείκτη συστημικού κινδύνου  $aim$ , συμπεραίνουμε ότι υπάρχει και σε αυτήν την περίπτωση μία μακροχρόνια σύγκλιση μεταξύ των μεταβλητών, που οδηγεί σε μακροχρόνια σχέση ισορροπίας. Σε αντίθεση με τον δείκτη absorption, ο  $aim$  δεν φαίνεται να έχει κάποια άλλη σχέση εξάρτησης με τις άλλες ενδογενείς μεταβλητές, δείχνοντας ότι δεν τις επηρεάζει σημαντικά.

Όσον αφορά τον μικροοικονομικού επιπέδου δείκτη συστημικού κινδύνου  $dci$  παρατηρείται ότι οι παρελθούσες τιμές της μεταβλητής  $dci$  επηρεάζουν τις τρέχουσες τιμές του 3μηνου επιτοκίου εντόκων γραμματίων κατ' αυτόν τον τρόπο η μεταβλητή  $dci$  επηρεάζει (προκαλεί) την μεταβλητή  $r_3$ . Καθώς η διάχυση της σύνδεσης από το ένα ίδρυμα στα υπόλοιπα αυξάνεται ταυτόχρονα αυξάνεται και ο μικροοικονομικός δείκτης  $dci$ , που συνεπάγεται την αύξηση της διασύνδεσης μεταξύ των χρηματοοικονομικών ιδρυμάτων και πιθανώς την αύξηση του συστημικού κινδύνου. Έτσι, ο  $dci$  μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένας

προπορευόμενος δείκτης για το 3μηνο επιτόκιο εντόκων γραμματίων Αμερικάνικου δημοσίου και αυτό διότι όταν ο συστημικός κίνδυνος αυξάνεται μετά από μία περίοδο αυξάνεται και το επιτόκιο συμβαδίζοντας απόλυτα με την χρηματοοικονομική θεωρία κατά την οποία οι επενδυτές ζητούν μεγαλύτερη απόδοση ως αποζημίωση για τον κίνδυνο που αναλαμβάνουν. Επιπλέον, υπάρχει μία γραμμική σχέση μεταξύ του δείκτη  $dc1$  και  $sp500$  καθώς αν η πρώτη μεταβληθεί κατά 1 μονάδα η δεύτερη αναμένεται να μειωθεί κατά 0.309, θεωρώντας ότι όλες οι άλλες μεταβλητές παραμένουν σταθερές.

Στην συνέχεια, οι παρελθοντικές τιμές του δείκτη  $sp500$  προκαλούνε τις τιμές του δείκτη  $mes$  που με την σειρά τους προκαλούνε τις μελλοντικές τιμές του δείκτη βιομηχανικής παραγωγής. Έχουμε μία ακολουθία εξάρτησης των τιμών. Πιο συγκεκριμένα, ο δείκτης  $mes$  όντας ένας μικροοικονομικός δείκτης δείχνει την έκθεση μιας επιχείρησης σε ένα σοκ του χρηματοοικονομικού συστήματος, υπολογίζοντας την μέση απόδοση της επιχείρησης κατά την διάρκεια των  $x\%$  χειρότερων ημερών της αγοράς. Όμως, εκ κατασκευής του  $dc1$ , ο χρηματιστηριακός δείκτης προηγείται και επιπλέον όταν ένα σοκ εμφανιστεί στο χρηματοοικονομικό σύστημα, το χρηματιστήριο επηρεάζεται άμεσα εφόσον αναφερόμαστε στον  $sp500$ , ο οποίος χαρακτηρίζεται ως μία αποτελεσματική αγορά αφού το χρονικό διάστημα της ενσωμάτωσης της πληροφορίας είναι ελάχιστο. Ο δείκτης βιομηχανικής παραγωγής, εξαιτίας της μέτρησης της πραγματικής παραγωγής χαρακτηρίζεται ως ένας ύστερος δείκτης καθώς η παραγωγή επηρεάζεται μετά από ένα χρονικό διάστημα της εμφάνισης ενός αρνητικού μη αναμενόμενου γεγονότος λόγω της δυσκολίας στην άμεση προσαρμογή των συνθηκών. Επίσης, οι παρελθούσες τιμές του δείκτη  $mes$  προκαλούνε τον πληθωρισμό και αυτό πιθανώς να πηγάζει μέσα από τον επηρεασμό της βιομηχανικής παραγωγής, κατά συνέπεια να επεκτείνεται και στις τιμές των προϊόντων. Τέλος, υπάρχει μία γραμμική σχέση ανάμεσα στον δείκτη  $mes$  και στον  $sp500$ . Ειδικότερα, αν ο  $mes$  μεταβληθεί κατά 1 μονάδα ο δείκτης  $sp500$  αναμένεται να μειωθεί κατά 5.21, θεωρώντας ότι οι υπόλοιπες μεταβλητές παραμένουν σταθερές.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, οι επενδυτές, είτε συνειδητά είτε ασυνείδητα, επενδύουν τα περιουσιακά τους στοιχεία ανάλογα με τον συστημικό κίνδυνο επηρεάζοντας τον χρηματιστηριακό δείκτη  $sp500$ . Αυτό αναδεικνύει η γραμμική σχέση που υπάρχει ανάμεσα στις μεταβλητές, τόσο μικροοικονομικού όσο και μακροοικονομικού επιπέδου, του συστημικού κινδύνου και τον δείκτη  $sp500$ .

## Εφαρμογές

Ο συστημικός κίνδυνος, ως ένας από τους πλέον σημαντικούς κινδύνους του χρηματοοικονομικού συστήματος και κατ' επέκταση της πραγματικής οικονομίας, αφού οι ζημιές που μπορεί να προκληθούν είναι πολύ μεγάλες, πρέπει να ελεγχθεί και να ποσοτικοποιηθεί. Οι ρυθμιστικές αρχές παίζουν σημαντικό ρόλο προς αυτήν την κατεύθυνση διότι ο έλεγχος, η εύρεση και η απομόνωση του εν λόγω κινδύνου είναι πολιτική επιλογή. Επιπλέον, οι συμμετέχοντες στην αγορά αγνοούν τον συγκεκριμένο κίνδυνο, όμως οι ρυθμιστικές αρχές μετά την κρίση του 2007 άρχισαν να προβληματίζονται και να βρίσκουν τρόπους μέσω τους οποίους θα προστατεύσουν το οικονομικό σύστημα. Η εποπτεία παίζει κυρίαρχο ρόλο στις χρηματοοικονομικές δραστηριότητες προκειμένου να μην γίνονται ανεξέλεγκτες. Υπάρχουν διάφοροι δείκτες συστημικού κινδύνου οι οποίοι δίνουν την δυνατότητα στις αρχές να ασκήσουν μικροπροληπτική και μακροπροληπτική εποπτεία. Ακόμη, ορισμένοι δείκτες είναι προπορευόμενοι και άλλοι υστερούντες σε συνδυασμό με κάποιες άλλες οικονομικές μεταβλητές ο έλεγχος μπορεί να γίνει αποτελεσματικότερος. Προς σε αυτήν την κατεύθυνση κινούνται και οι κεντρικές τράπεζες οι οποίες τα τελευταία χρόνια έχουν δημιουργήσει διάφορες επιτροπές και συμβούλια, τα οποία ελέγχουν αποκλειστικά αυτόν τον κίνδυνο και κάνουν τις απαραίτητες συστάσεις στα χρηματοοικονομικά ιδρύματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Συστημικού Κινδύνου (European Systemic Risk Board), που ιδρύθηκε το 2009 για την εποπτεία του κινδύνου του χρηματοοικονομικού συστήματος σε επίπεδο Ένωσης. Έτσι, οποιαδήποτε περαιτέρω έρευνα ή ανάλυση για τον ακριβή προσδιορισμό του συστημικού κινδύνου κρίνεται απαραίτητη και γίνεται αρωγός στην προσπάθεια πρόληψης και θεραπείας του συγκεκριμένου κινδύνου για την αποφυγή ανισορροπιών τόσο σε μακροοικονομικό όσο και σε μικροοικονομικό επίπεδο.





## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Ελληνική**

Αγιακλόγλου, Ν. Χ. και Μπένος, Ε. Θ. (2007). Εισαγωγή στην Οικονομετρική Ανάλυση, Εκδόσεις Μπένου Γ., Αθήνα.

Κιόχος, Α. Π., (1993). Στατιστική, Εκδόσεις Interbooks, Αθήνα.

Συριόπουλος, Θ. Κ. και Φίλιππας, Θ. Δ. (2010). Οικονομετρικά Υποδείγματα και Εφαρμογές με το EViews, Εκδόσεις Ανίκουλα, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Gujarati, N. D. και Porter, C. D. (2016). Οικονομετρία Αρχές και Εφαρμογές, Εκδόσεις Τζιόλα.

Johnston, J. και Dinardo, J. (2004). Οικονομετρικές Μέθοδοι, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.

### **Ξένη**

Acharya, V., L. Pedersen, T. Philippon, and M. Richardson (2010). Measuring Systemic Risk, Working Paper, NYU.

Amihud, Y. (2002). Illiquidity and stock returns: cross-section and time-series effects, *Journal of Financial Markets*, 5(1), 31-56.

Billio, M., A. Lo, M. Getmansky, and L. Pelizzon (2012). Econometric measures of connectedness and systemic risk in the finance and insurance sectors, *Journal of Financial Economic*, 104, 535-559.

Brooks, C., (2008). *Introductory Econometrics for Finance*, Cambridge University Press.

Greene, H. W., (2012). *Econometric Analysis*, Prentice Hall.

Kritzman, M., Y. Li, S. Page, and R. Rigobon (2010). Principal components as a measure of systemic risk, Working Paper, MIT.

## **Διαδικτυακοί Τόποι**

[https://el.wikipedia.org/wiki/Ιδιοτιμές\\_και\\_ιδιοδιανύσματα](https://el.wikipedia.org/wiki/Ιδιοτιμές_και_ιδιοδιανύσματα)

<https://fred.stlouisfed.org/>

<https://www.esrb.europa.eu/home/html/index.en.html>

<http://www.eviews.com/help/helpintro.html>

<http://www.statista.com>