



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ  
ΕΡΓΑΣΙΑ

*Ανίχνευση  
structural breaks σε  
Ευρωπαϊκούς  
Χρηματιστηριακούς Δείκτες*

Μεταπτυχιακό  
Πρόγραμμα στην  
Χρηματοοικονομική  
Ανάλυση

Φοιτητής:  
Ευσταθίου Γεώργιος

Επιβλέπων Καθηγητής:  
Κουρογένης Ν.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ  
2008

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1.Εισαγωγή</b>	<b>1</b>
<b>2.Περιγραφή Μεθοδολογίας</b>	
2.1 Εισαγωγή	2
2.2. <i>Recursive Least Squares and Rolling Least Squares Estimation (Μέθοδος Ελαχίστων Τετραγώνων με «διαδοχικές εκτιμήσεις»)</i>	9
2.3 <i>Αναλυτική μέθοδος εκτίμησης structural breaks.</i>	12
2.3.1 Έλεγχος Chow για την ύπαρξη structural break σε μία δεδομένη χρονική στιγμή.	
2.3.2 Έλεγχος Andrews για την ύπαρξη structural break σε μία άγνωστη χρονική στιγμή.	
2.3.3 Η μέθοδος του Bai για τον εντοπισμό ενός break point.	
2.3.4 Η μέθοδος των Bai και Perron (1998) για τον έλεγχο και τον εντοπισμό πολλών break points.	
<b>3.Εμπειρική Μελέτη</b>	
3.1 Βάση δεδομένων και περιγραφή εμπειρικής μελέτης	24
3.2.1 Έλεγχος για την υπάρξη μίας απότομης αλλαγής σε ευρωπαϊκές χρηματιστηριακές αγορές με μηνιαία στοιχεία.	27
3.2.2 Έλεγχος για την υπάρξη πολλών απότομων αλλαγών σε ευρωπαϊκές χρηματιστηριακές αγορές που βρέθηκε ήδη μία απότομη αλλαγή.	45
3.2.3 Έλεγχος για την υπάρξη απότομων αλλαγών σε ευρωπαϊκές χρηματιστηριακές αγορές με ημερήσια στοιχεία.	53
3.3 Έλεγχος για την υπάρξη πολλών απότομων αλλαγών στην αναμενόμενη απόδοση του ελληνικού χρηματιστηρίου για την περίοδο 2000-2008	56
<b>4. Συμπεράσματα</b>	<b>60</b>
<b>5.Βιβλιογραφία</b>	<b>61</b>

# 1.Εισαγωγή

Μία από τις βασικές «σιωπηλές» υποθέσεις που γίνονται σε κάθε οικονομετρική μελέτη είναι η υπόθεση της στασιμότητας – μη αλλαγής – των παραμέτρων που εκτιμώνται σε ένα μοντέλο παλινδρόμησης. Οι περισσότερες εμπειρικές μελέτες, επιλέγουν ένα δείγμα το οποίο θα χρησιμοποιήσουν για την εκτίμηση της επιθυμητής σχέσης και θεωρούν ότι το αποτέλεσμα που εξάγουν είναι καθολικό και διαχρονικό. Αυτό σημαίνει για παράδειγμα ότι αποδέχονται ότι οι μέσοι, οι συντελεστές της παλινδρόμησης, η διακύμανση του σφάλματος παραμένουν σταθερά για κάθε άλλη χρονική περίοδο. Η υπόθεση αυτή, αν και απλουστεύει πολύ τις αναλύσεις μας είναι απόλυτα μη ρεαλιστική. Στην πραγματικότητα οι συντελεστές μιας παλινδρόμησης μπορεί να μεταβάλλονται – είτε ως συνάρτηση του χρόνου, είτε ως συνάρτηση άλλων εξωγενών μεταβλητών – ή ακόμα για ένα χρονικό διάστημα να παίζουν ρόλο στην ερμηνεία της εξαρτημένης μας μεταβλητής και για να ένα άλλο να μην είναι στατιστικά σημαντικές που σημαίνει ότι δεν θα πρέπει να τις λάβουμε υπόψη.

Σε όρους παλινδρόμησης, η παραπάνω διαπίστωση σημαίνει ότι ακόμα και αν ισχύουν οι κλασσικές υποθέσεις του γραμμικού μοντέλου παλινδρόμησης (ομοσκεδαστικότητα και μη αυτοσυσχέτιση στο σφάλμα ) το κατάλληλο μοντέλο παλινδρόμησης που εξετάζει τη σχέση της  $Y_t$  με  $k$  ερμηνευτικές μεταβλητές  $X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{kt}$  δεν θα είναι το γνωστό μας:

$$Y_t = b_1 + b_2 X_{2t} + b_3 X_{3t} + \dots b_k X_{kt} + u_t$$

αλλά το:

$$Y_t = b_{1t} + b_{2t} X_{2t} + b_{3t} X_{3t} + \dots b_{kt} X_{kt} + u_t$$

όπου ο δείκτης  $t$  στους συντελεστές  $b_{it}$  της παλινδρόμησης περιγράφουν το γεγονός ότι δεν παραμένουν σταθεροί, αλλά υπάρχει η πιθανότητα να μεταβάλλονται μέσα στο χρόνο.

Ο τρόπος που μπορεί να μεταβάλλονται διαχρονικά οι συντελεστές αυτοί αποτελεί ξεχωριστό τμήμα της βιβλιογραφίας. Ενδεικτικά θα μπορούσαμε να δούμε ότι οι τρόποι που προτείνονται για να περιγραφεί η εξέλιξη τους μέσα στο χρόνο

διακρίνονται σε ντετερμινιστικά μοντέλα και σε στοχαστικά μοντέλα. Στα ντετερμινιστικά μοντέλα υπάρχουν για παράδειγμα τριγωνομετρικές περιγραφές της εξέλιξης των συντελεστών, ενώ στα στοχαστικά μοντέλα μπορούμε να αναφέρουμε τα λεγόμενα Markov Chains models ή τα Time Varying State Space Model.

Σε αυτή την εργασία δεν θα προσπαθήσουμε να μοντελοποιήσουμε τον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλονται οι συντελεστές μίας παλινδρόμησης. Σκοπός μας είναι να εντοπίσουμε χρονικά σημεία στα οποία υπάρχουν διακριτά απότομες αλλαγές (structural breaks) στην συμπεριφορά των εξεταζόμενων χρονοσειρών. Συγκεκριμένα, θα εστιάσουμε σε ευρωπαϊκά χρηματιστήρια και τις αποδόσεις τους. Θα εξετάσουμε αν στην πορεία του χρόνου υπήρξαν στιγμές στις οποίες οι συντελεστές των μοντέλων τα οποία έχουμε επιλέξει για να περιγράψουμε τις αποδόσεις αυτών των αγορών σημείωσαν στατιστικά σημαντική μεγάλη μεταβολή. Στη συνέχεια, εφόσον βρεθούν τέτοια σημεία, θα προσπαθήσουμε μέσα από τη βιβλιογραφία να συνδέσουμε αυτά τα στατιστικά ευρήματα, δηλαδή τις περιόδους όπου βρήκαμε ότι συμβαίνει κάποια αλλαγή, με ιστορικά γεγονότα τα οποία είναι ικανά να προκάλεσαν αυτά τα ευρήματα.

Όπως γίνεται αντιληπτό, η ύπαρξη τέτοιων αλλαγών αποτελεί πολύ σημαντική πληροφόρηση για τη χρηματοοικονομική ανάλυση. Μία τέτοια αλλαγή μπορεί να σημαίνει ότι μια μετοχή σύμφωνα με το μοντέλο της αγοράς να κρίνεται τη μία στιγμή επιθετική και έπειτα συντηρητική επειδή άλλαξε το beta της παλινδρόμησης, ή η κατάταξη ενός αμοιβαίου κεφαλαίου σύμφωνα με το «α» του Jensen να αλλάξει σημαντικά επειδή άλλαξε η σταθερά της παλινδρόμησης.

Η διάρθρωση της εργασίας είναι ως εξής. Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά ο τρόπος με τον οποίο πρόκειται να εντοπίσουμε τα σημεία στα οποία υπάρχουν structural breaks. Στο επόμενο κεφάλαιο περιγράφεται η βάση δεδομένων στην οποία πρόκειται να εφαρμόσουμε τους ελέγχους μας. Στο τρίτο κεφάλαιο ακολουθούν τα εμπειρικά μας αποτελέσματα ενώ στο τέταρτο κεφάλαιο προσπαθούμε στην περίπτωση της Ελλάδας να εξετάσουμε αν η ικανότητα εντοπισμού των structural breaks είναι ικανά να βοηθήσουν έναν επενδυτή να κερδίσει συστηματικά την αγορά. Τέλος στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα και προτάσεις για επέκταση της παρούσας εργασίας.

## 2. Περιγραφή Μεθοδολογίας

### 2.1 Εισαγωγή

Το μοντέλο παλινδρόμησης που θα μας απασχολήσει σε αυτήν την εργασία είναι το αυτοπαλίνδρομο μοντέλο πρώτης τάξης:

$$y_t = c + \rho y_{t-1} + u_t$$
$$\text{var}(u_t) = \sigma^2$$

και πιο συγκεκριμένα θα μας απασχολήσουν δύο ειδικές περιπτώσεις αυτού:

- Για  $c=0$  οπότε προκύπτει το αυτοπαλίνδρομο μοντέλο μηδενικού μέσου (zero mean AR(1) process), με το οποίο θα προσπαθήσουμε να περιγράψουμε τις ευρωπαϊκές χρηματιστηριακές αγορές και
- Για  $\rho=0$  οπότε προκύπτει το απλό μοντέλο παλινδρόμησης με μία σταθερά, με το οποίο θα προσπαθήσουμε να χαράξουμε μια επικερδής επενδυτική στρατηγική για το ελληνικό χρηματιστήριο.

Οι παράμετροι ενδιαφέροντος λοιπόν είναι οι  $\Theta := \{c, \rho, \sigma^2\}$ . Η υπόθεση της στασιμότητας δηλώνει ότι οι παράμετροι αυτοί παραμένουν σταθερές για κάθε  $t$ . Ορίζουμε ως απότομη αλλαγή στη δομή του μοντέλου (structural break) σε μία δεδομένη χρονική στιγμή (break-date) κάθε πιθανή σημαντική αλλαγή σε οποιαδήποτε από τις τρεις παραμέτρους ενδιαφέροντος.

Οι αλλαγές αυτές μπορεί να είναι βαθμιαίες και να ενσωματώνονται σταδιακά στους συντελεστές των μοντέλων ή μπορεί να είναι και απότομες. Στην εργασία αυτή ο καθορισμός ενός χρονικού σημείου σε break-date προϋποθέτει ότι το εκτιμώμενο αποτέλεσμα ενός συντελεστή του μοντέλου δηλώνει ξεκάθαρα ότι έχει γίνει το structural break είτε έχει προέλθει από μία σταδιακή αλλαγή και είμαστε σε προχωρημένο σημείο για να την αντιληφθούμε είτε πρόκειται για απότομη αλλαγή οπότε γίνεται και πιο άμεσα αισθητή.

Ένα structural break, όπως είπαμε μπορεί να αφορά οποιαδήποτε από τις τρεις παραμέτρους ενδιαφέροντος. Αλλαγή στο συντελεστή της χρονικής υστέρησης  $y_{t-1}$ ,  $\rho$ ,

του μοντέλου σημαίνει αλλαγή στη γραμμική συσχέτιση του τώρα με το πρόσφατο παρελθόν. Αλλαγή στη σταθερά σημαίνει αλλαγή στην αναμενόμενη τιμή της στοχαστικής ανέλιξης που εξετάζουμε. Αλλαγή στη διακύμανση σημαίνει μεταβολή του εύρους του τυχαίου σφάλματος  $u_t$ , που «οδηγεί» την ανέλιξη μας.

Στην περίπτωση μας, όπως έχουμε ήδη αναφέρει θα εξετάσουμε χρηματιστηριακές αγορές, επομένως οι παραπάνω αλλαγές στην πράξη θα σημαίνουν αλλαγή στην προβλεπτική ερμηνεία του μοντέλου στην περίπτωση της σταθεράς  $\rho$ , περιόδους κερδών ή ζημίας στην περίπτωση της σταθεράς  $c$  και περιόδους υψηλού ή χαμηλού κινδύνου στην αγορά στην περίπτωση της διακύμανσης  $\sigma^2$ .

Στις επόμενες ενότητες αυτού του κεφαλαίου θα περιγράψουμε τη μεθοδολογία που θα ακολουθήσουμε για τον εντοπισμό των structural break-dates.

Η πρώτη μεθοδολογία είναι περισσότερο «οπτική» παρά «μαθηματικοποιημένη» καθώς όπως θα περιγράψουμε η ύπαρξη απότομων αλλαγών ή όχι στις παραμέτρους κρίνεται από την οπτική ανάλυση συγκεκριμένων t-plots τα οποία θα προκύψουν από διαδοχικές εκτιμήσεις του μοντέλου παλινδρόμησης που μας ενδιαφέρει για μεταβλητά χρονικά διαστήματα εκτίμησης.

Η δεύτερη μεθοδολογία βασίζεται στο γνωστό μας έλεγχο υποθέσεων όπου θα έχουμε μια συγκεκριμένη ελεγχουσυνάρτηση για τον έλεγχο της μηδενικής υπόθεσης της μη ύπαρξης απότομων αλλαγών με την εναλλακτική υπόθεση της ύπαρξης αλλαγών. Προκειμένου να γίνει κατανοητός αυτός ο έλεγχος θα ξεκινήσουμε να περιγράψουμε πρώτα πώς γίνεται ο έλεγχος για το αν υπάρχει **ένα** structural break σε μία δεδομένη **γνωστή** χρονική στιγμή. Στη συνέχεια θα δούμε πώς γίνεται ο έλεγχος για το αν υπάρχει **ένα** structural break γενικά μέσα στο δείγμα μας **χωρίς να γνωρίζουμε** σε ποια χρονική στιγμή. Έπειτα θα εξετάσουμε πώς, αφού πρώτα ο προηγούμενος έλεγχος μας οδηγήσει στην απόρριψη της  $H_0$  ότι δεν υπάρχουν breaks, μπορούμε να **εντοπίσουμε** το πιθανό break-date. Τέλος θα περιγράψουμε τη διαδικασία που θα ακολουθήσουμε για να ελέγξουμε αν υπάρχουν **πολλά** structural breaks αρχικά και έπειτα να τα **προσδιορίσουμε**.

Προκειμένου να γίνει κατανοητή η μεθοδολογία που θα ακολουθήσουμε, θα παραθέσουμε παράλληλα με την περιγραφή της και ένα πείραμα Monte Carlo. Με τη βοήθεια της προσομείωσης θα μπορούμε να παρακολουθήσουμε πιο ευδιάκριτα τα αναλυτικά βήματα της εκάστοτε μεθοδολογίας.

Συγκεκριμένα, με το οικονομετρικό πρόγραμμα E-Views δημιουργήσαμε μια εικονική στοχαστική ανέλιξη  $y_t$  με τις παρακάτω ιδιότητες:

Μέγεθος Δείγματος: 1500 παρατηρήσεις

- Για το δείγμα 1-500 η σειρά δημιουργήθηκε με τη βοήθεια του random number generator ως εξής:

$$y_t = 0.2 + 0.5y_{t-1} + u_t$$
$$\text{var}(u_t) = 1$$

- Για το δείγμα 501-1000 η σειρά δημιουργήθηκε με τη βοήθεια του random number generator ως εξής:

$$y_t = -0.2 + 0.5y_{t-1} + u_t$$
$$\text{var}(u_t) = 1$$

- Για το δείγμα 1001-1500 η σειρά δημιουργήθηκε με τη βοήθεια του random number generator ως εξής:

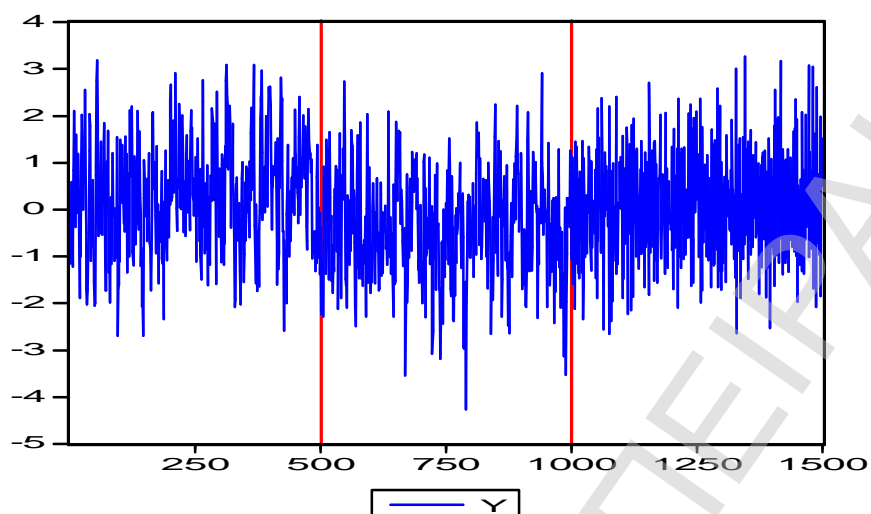
$$y_t = 0.2 + 0.5y_{t-1} + u_t$$
$$\text{var}(u_t) = 1$$

όπου το  $u_t$  είναι τυχαίες πραγματοποιήσεις από μία κανονική κατανομή με μέσο 0 και διακύμανση 1:

$$u_t : N(0,1)$$

Όπως παρατηρούμε σε αυτήν την εικονική σειρά υπάρχουν δύο break-dates. Στο πρώτο ( παρατήρηση 501) υπάρχει απότομη αλλαγή στη σταθερά  $c$  της παλινδρόμησης όπου από 0.2 γίνεται -0.2. Το επόμενο break συμβαίνει στην παρατήρηση 1001 όπου ο συντελεστής της χρονικής υστέρησης  $\rho$  του  $y_t$  αλλάζει από 0.5 σε 0.2 και ταυτόχρονα η σταθερά γίνεται πάλι 0.2 (διπλή απότομη αλλαγή). Όπως έχουμε ήδη αναφέρει σκοπός μας είναι να δούμε τον τρόπο με τον οποίο κάποιος μπορεί να εντοπίσει αυτά τα δύο σημεία χωρίς βέβαια να τα γνωρίζει εκ των προτέρων. Στο διάγραμμα 1 παραθέτουμε το  $t - \text{plot}$  της σειράς που δημιουργήσαμε:

Διάγραμμα 1



Οι κάθετες κόκκινες γραμμές είναι τα *a priori* γνωστά σε μας σημεία όπου συμβαίνουν οι απότομες αλλαγές που περιγράψαμε. Όπως γίνεται φανερό, ακόμα και το πιο έμπειρο μάτι ενός ερευνητή ακόμα και αν μπορέσει άτυπα να διακρίνει από το παραπάνω διάγραμμα ότι υπήρξε μια απότομη αλλαγή στις παραμέτρους του μοντέλου δεν μπορεί σε καμιά περίπτωση να μιλήσει συγκεκριμένα για το ποιες παράμετροι μεταβλήθηκαν.

Στην περίπτωση λοιπόν που κάποιος υιοθετούσε την υπόθεση της στασιμότητας για της παραμέτρους του αυτοπαλίνδρομου μοντέλου για τη σειρά  $y_t$  και εκτιμούσε την παλινδρόμηση για όλο το δείγμα τότε το αποτέλεσμα εκτίμησης είναι το παρακάτω:

Πίνακας 1  
Δείγμα εκτίμησης παλινδρόμησης: 1 - 1500

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.007498	0.029325	0.255679	0.7982
Y(-1)	0.218369	0.025230	8.655141	0.0000
R-squared	0.047656	Mean dependent var		0.009121
Adjusted R-squared	0.047020	S.D. dependent var		1.163017
S.E. of regression	1.135345	Akaike info criterion		3.093083
Sum squared resid	1929.645	Schwarz criterion		3.100172



Όπως παρατηρούμε η παλινδρόμηση αυτή δεν είναι αυτό που περιμένουμε: η σταθερά  $c$  εκτιμάται ως μη στατιστικά σημαντική κάτι το οποίο δεν ισχύει ενώ για τιμή του  $\rho$  παίρνουμε μια στατιστικά σημαντική εκτίμηση η οποία απέχει όμως σημαντικά από τις πραγματικές με βάση τις οποίες δημιουργήσαμε τη σειρά μας. Επιπλέον το  $R^2$  είναι αρκετά χαμηλό.

Παρακάτω στους πίνακες 2,3 και 4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που θα έπαιρνε κάποιος αν μπορούσε a priori να γνωρίζει τα break- dates όπως τα έχουμε προγραμματίσει:

Πίνακας 2  
Δείγμα εκτίμησης παλινδρόμησης: 1 - 500

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.152247	0.046076	3.304269	0.0010
Y(-1)	0.499163	0.038818	12.85911	0.0000
R-squared	0.249649	Mean dependent var		0.302704
Adjusted R-squared	0.248139	S.D. dependent var		1.148102
S.E. of regression	0.995518	Akaike info criterion		2.832893
Sum squared resid	492.5547	Schwarz criterion		2.849777

Πίνακας 3  
Δείγμα εκτίμησης παλινδρόμησης: 501 - 1000

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.217333	0.047265	-4.598180	0.0000
Y(-1)	0.445521	0.040133	11.10105	0.0000
R-squared	0.198369	Mean dependent var		-0.392909
Adjusted R-squared	0.196759	S.D. dependent var		1.111255
S.E. of regression	0.995948	Akaike info criterion		2.833749
Sum squared resid	493.9725	Schwarz criterion		2.850607

Πίνακας 4  
 Δείγμα εκτίμησης παλινδρόμησης: 1001 - 1500

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.172074	0.044526	3.864577	0.0001
Y(-1)	-0.466601	0.039713	-11.74923	0.0000
R-squared	0.217036	Mean dependent var		0.118154
Adjusted R-squared	0.215464	S.D. dependent var		1.118077
S.E. of regression	0.990326	Akaike info criterion		2.822426
Sum squared resid	488.4111	Schwarz criterion		2.839285

Όπως γίνεται φανερό ο εντοπισμός των πιθανών break- dates σε ένα μοντέλο που περιγράφει μια χρονολογική σειρά βελτιώνει πολύ τα αποτελέσματα μας καθώς μας δίνει τη σωστή εικόνα της πραγματικότητας για κάθε περίοδο που εξετάζουμε για να πάρουμε τις όποιες αποφάσεις πρέπει και επιπλέον βλέπουμε ότι η ερμηνευτική ικανότητα του μοντέλου μας βελτιώνεται σημαντικά.

Προχωράμε τώρα στην ανάπτυξη της πρώτης μεθοδολογίας η οποία θα μας βοηθήσει να εντοπίσουμε την ύπαρξη πιθανών σημείων όπου υπάρχουν απότομες αλλαγές.

## **2.2. Recursive Least Squares and Rolling Least Squares Estimation (Μέθοδος Ελαχίστων Τετραγώνων με «διαδοχικές εκτιμήσεις»)**

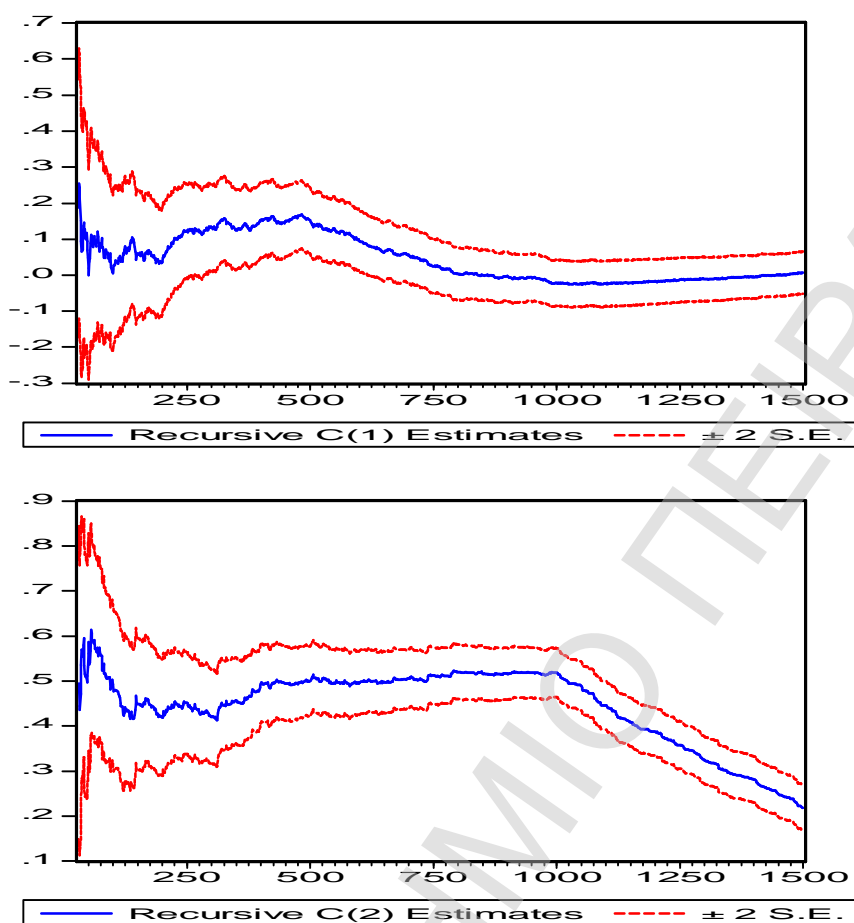
Στη μέθοδο αυτή, η παλινδρόμηση εκτιμάται διαδοχικά για συνεχώς μεταβαλλόμενο δείγμα παρατηρήσεων. Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους μπορούμε να μεταβάλλουμε διαδοχικά το δείγμα μας. Ο πρώτος τρόπος ορίζει να ξεκινήσουμε από ένα πρώτο δείγμα και στη συνέχεια να το διευρύνουμε σταδιακά μέχρι να φτάσουμε να έχουμε εκτιμήσει ολόκληρο το δείγμα μας.

Συγκεκριμένα, ξεκινώντας από ένα αρχικό δείγμα  $M$  παρατηρήσεων η παλινδρόμηση εκτιμάται και οι εκτιμήσεις των συντελεστών του μοντέλου παλινδρόμησης αποθηκεύονται. Στη συνέχεια στο δείγμα προστίθεται 1 παρατήρηση κάθε φορά,  $M+1$  παρατηρήσεις δηλαδή τη δεύτερη φορά,  $M+2$  παρατηρήσεις την τρίτη φορά κ.ο.κ., και τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων των συντελεστών αποθηκεύονται διαδοχικά μέχρι να φτάσουμε να εκτιμήσουμε το τελικό δείγμα  $T$  παρατηρήσεων που έχουμε στη διάθεση μας.

Το αποτέλεσμα της παραπάνω διαδικασίας μας επιτρέπει να ελέγξουμε την εξέλιξη των εκτιμήσεων των συντελεστών του μοντέλου που εξετάζουμε καθώς όλο και μεγαλύτερο δείγμα χρησιμοποιείται στην εκτίμηση. Στη διάθεση μας θα έχουμε τα γραφήματα της εξέλιξης όλων των συντελεστών του μοντέλου για κάθε εκτίμηση που πραγματοποιήσαμε. Αν κάποιος από τους συντελεστές επιδεικνύει σημαντική μεταβλητότητα καθώς το δείγμα αυξάνει, έχουμε μια ισχυρή ένδειξη μη στασιμότητας του συγκεκριμένου συντελεστή.

Όπως είναι φυσιολογικό στην αρχή των εκτιμήσεων όπου το δείγμα είναι ακόμα μικρό, αναμένουμε να δούμε μια μεταβλητότητα η οποία όμως σιγά σιγά θα πρέπει να υποχωρεί και να οδηγείται ο συντελεστής να κυμαίνεται γύρω από μία σταθερή τιμή. Αν συμβεί στην πορεία μία απότομη αλλαγή περιμένουμε να δούμε άλμα στο γράφημα του συντελεστή. Παρακάτω, στο διάγραμμα 2 εμφανίζονται τα recursive least squares estimations του  $c$  και του  $\rho$ , για την εικονική σειρά που έχουμε δημιουργήσει:

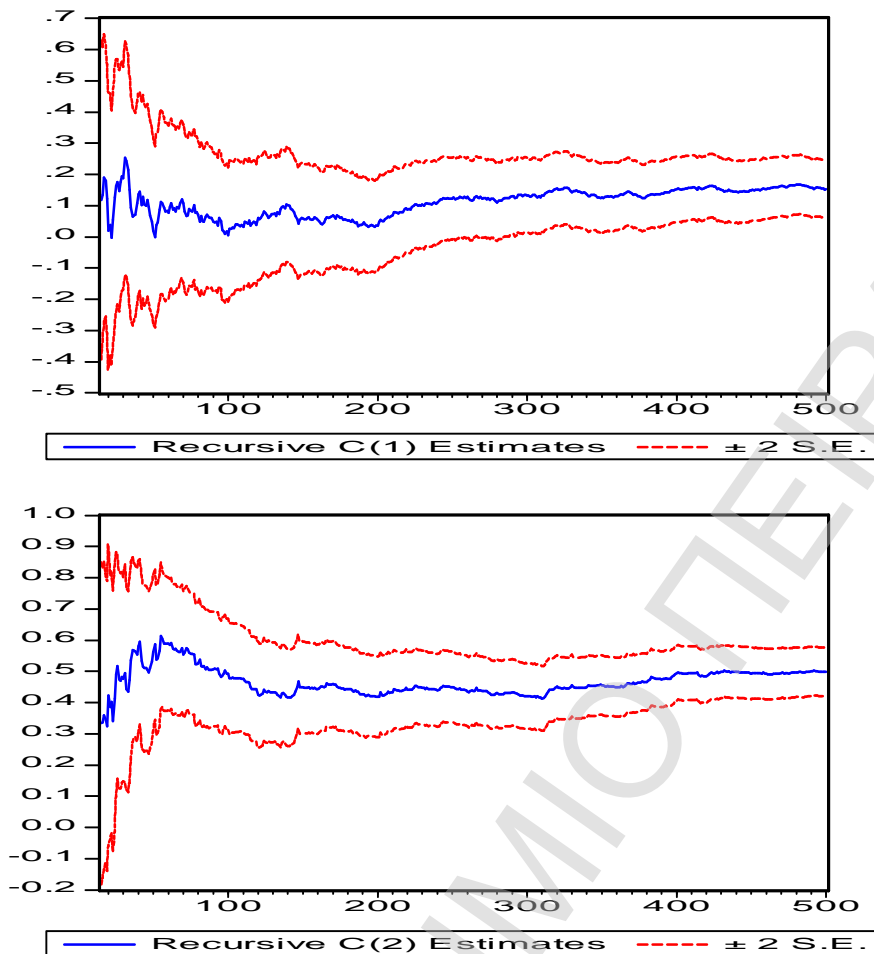
Διάγραμμα 2



Η μπλε γραμμή δείχνει τις διαδοχικές εκτιμήσεις της σταθεράς  $c$  στο πρώτο γράφημα και του  $\rho$  στο δεύτερο ενώ η κόκκινη γραμμή απεικονίζει την τυπική απόκλιση του εκτιμητή. Όπως παρατηρούμε και στις δύο γραφικές παραστάσεις, περίπου όταν το δείγμα έχει φτάσει στις 1000 παρατηρήσεις και ενώ πάει να σταθεροποιηθεί γύρω από μία δεδομένη τιμή, συμβαίνει κάτι που κάνει τις εκτιμήσεις για δείγματα μεγαλύτερα των 1000 παρατηρήσεων να αποκλίνει. Τα παραπάνω γραφήματα είναι ενδεικτικά λοιπόν του ποια εικόνα περιμένουμε να μας δώσει αυτός ο οπτικός έλεγχος όταν υπάρχει απότομη αλλαγή στο δείγμα μας.

Αντίθετα, στο παρακάτω Διάγραμμα 3, εμφανίζουμε τα αποτελέσματα του ίδιου ελέγχου για το δείγμα όμως μόνο των πρώτων 500 παρατηρήσεων όπου γνωρίζουμε εκ κατασκευής ότι δεν υπάρχουν structural breaks:

Διάγραμμα 3



Όπως μπορούμε να δούμε σε αυτά τα διαγράμματα, εκτός από την αρχή όπου όπως αναφέραμε η μεταβλητότητα είναι αναμενόμενη, όσο το δείγμα μεγαλώνει η τιμή τόσο της σταθεράς όσο και του συντελεστή  $\rho$  τείνουν να σταθεροποιηθούν γύρω από μία δεδομένη τιμή.

Στα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου συγκαταλέγεται η ευκολία εφαρμογής της και η απλή ερμηνεία της. Στα μειονεκτήματα πρέπει να αναφέρουμε το γεγονός ότι δεν προσφέρει ένα πρακτικό εκτιμητή του break-point καθώς οπτικά είναι πολύ δύσκολο να το προσδιορίσουμε. Επίσης, ένα μειονέκτημα το οποίο αφορά και την άλλη μέθοδο που θα εξετάσουμε είναι το γεγονός ότι οποιαδήποτε απόφαση μας στηρίζεται στην υπόθεση ότι το εκάστοτε μοντέλο που επιλέγουμε για να περιγράψουμε τη стоχαστική μας ανάλυση (στο παράδειγμα μας ένα αυτοπαλίνδρομο μοντέλο πρώτης τάξης με σταθερά) είναι το σωστό. Στο πρόβλημα αυτό θα επανέλθουμε στο κεφάλαιο με τα συμπεράσματα της εργασίας μας.

### 2.3 Αναλυτική μέθοδος εκτίμησης structural breaks.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει ξεκινάμε να περιγράψουμε την όλη διαδικασία από το πώς γίνεται ο έλεγχος για το αν έχουμε απότομη αλλαγή σε μία γνωστή δεδομένη χρονική στιγμή.

#### 2.3.1 Έλεγχος Chow για την ύπαρξη structural break σε μία δεδομένη χρονική στιγμή.

Έστω ότι έχουμε ένα δείγμα από μία ανέλιξη T παρατηρήσεων την οποία επιλέγουμε να μοντελοποιήσουμε με τη βοήθεια ενός γραμμικού μοντέλου.

$$Y_t = b_1 + b_2 X_{2t} + b_3 X_{3t} + \dots + b_k X_{kt} + u_t$$

ή με τη μορφή πινάκων:

$$Y = Xb + u$$

Η ύπαρξη μίας απότομης αλλαγής τη χρονική στιγμή  $t_{break}$  σημαίνει ότι θα έπρεπε να μοντελοποιήσουμε το μοντέλο μας ως εξής:

$$Y = Xb_1 + u \text{ όταν } 1 \leq t \leq t_{break}$$

$$Y = Xb_2 + u \text{ όταν } t_{break} \leq t \leq T$$

Σημείωση: Αν στον πίνακα X βάλουμε την πρώτη στήλη μονάδες και στη δεύτερη στήλη την υστέρηση της ανέλιξης  $y_t$  που εξετάζουμε τότε προκύπτει αυτόματα ως ειδική περίπτωση το αυτοπαλίνδρομο μοντέλο που μας ενδιαφέρει.

Η υπόθεση που θέλουμε να ελέγξουμε είναι η παρακάτω:

$$H_0 : b_1 = b_2 = b$$

$$H_1 : b_1 \neq b_2$$

Κάτω από τη μηδενική υπόθεση δεν έχουμε structural break ενώ η εναλλακτική δηλώνει ότι έχουμε. Ο παραπάνω έλεγχος είναι ένας γραμμικός περιορισμός και μπορεί να γίνει με τις παρακάτω ελεγχοσυναρτήσεις:

$$F = \frac{(RSS_R - RSS_U) / (k_U - k_R)}{RSS_U / (N_U - k_U)} : F(k_U - k_R, N_U - k_U) \quad \text{όταν} \quad \text{ισχύει}$$

κανονικότητα στο σφάλμα της παλινδρόμησης και όπου  $RSS_i$ : Residual Sum of Squares (άθροισμα τετραγώνων των καταλοίπων της παλινδρόμησης),  $i=U,R$  όπου U: Unrestricted – το μοντέλο που εκτιμάται χωρίς να λάβουμε

υπόψη την  $H_0$ , R: Restricted – το μοντέλο που προκύπτει όταν στο αρχικό μοντέλο επιβάλλουμε τον περιορισμό της  $H_0$ , N ο αριθμός των παρατηρήσεων και k ο αριθμός των άγνωστων παραμέτρων σε κάθε μοντέλο προς εκτίμηση.

- $W = Fq \xrightarrow{a} X^2(q)$  (ασυμπτωτικός έλεγχος) όταν δεν ισχύει κανονικότητα όπου F το παραπάνω στατιστικό και q ο αριθμός των γραμμικών περιορισμών.

Όπως γίνεται αντιληπτό, ο έλεγχος αυτός δεν κάνει διάκριση για το ποια παράμετρος είναι αυτή η οποία μεταβάλλεται: είναι καθολικός έλεγχος με την έννοια ότι ελέγχει από κοινού αν όλοι οι συντελεστές μεταξύ δύο μοντέλων είναι ίσοι.

Τα βήματα αναλυτικά που πρέπει να ακολουθήσει κάποιος για να πραγματοποιήσει ένα έλεγχο για structural break είναι τα παρακάτω:

1. Εκτιμούμε το μοντέλο μας βασιζόμενοι σε όλες τις παρατηρήσεις που έχουμε στη διάθεση μας και κρατάμε το RSS. Το μοντέλο αυτό είναι το Restricted.
2. Εκτιμούμε το μοντέλο βασιζόμενοι στα δύο δείγματα που χωρίζει το συνολικό μας δείγμα η υποψήφια break-date  $t_{break}$ , και αθροίζουμε τα RSS των δύο παλινδρομήσεων. Το αποτέλεσμα είναι το RSS του Unrestricted μοντέλου.
3. Υπολογίζουμε το παραπάνω F statistic

Παρακάτω παραθέτουμε τον έλεγχο Chow για την σειρά που έχουμε κατασκευάσει στα δύο σημεία που εξ ορισμού υπάρχουν οι απότομες αλλαγές:

Πίνακας 5α

Chow Breakpoint Test: 501

F-statistic	55.62804	Probability	0.000000
-------------	----------	-------------	----------

Πίνακας 5β

Chow Breakpoint Test: 1001

F-statistic	209.9635	Probability	0.000000
-------------	----------	-------------	----------

Το probability που δίνεται στους παραπάνω πίνακες (όπως και σε κάθε άλλο στατιστικό που θα συναντήσουμε) είναι ο βαθμός υποστήριξης της μηδενικής μας υπόθεσης. Ο κανόνας λέει ότι όταν είναι μεγαλύτερο του 5% ΔΕΝ απορρίπτουμε την μηδενική μας υπόθεση. Αντίθετα όταν είναι

μικρότερο αυτού του ορίου τότε απορρίπτουμε την  $H_0$ . Όπως γίνεται φανερό από τα παραπάνω αποτελέσματα και στις δύο περιπτώσεις απορρίπτουμε την υπόθεση της στασιμότητας των συντελεστών όπως και αναμέναμε βέβαια αφού εκ κατασκευής σε αυτά τα σημεία υπάρχουν απότομες αλλαγές στους συντελεστές.

Στον παρακάτω πίνακα 6 εμφανίζεται το αποτέλεσμα του παραπάνω ελέγχου στασιμότητας για τους συντελεστές για τις πρώτες 500 παρατηρήσεις του δείγματος για πιθανό  $t_{\text{break}} = 250$ , (αν και εκεί δεν υπάρχουν απότομες αλλαγές όπως κατασκευάσαμε τη σειρά μας) προκειμένου να δείξουμε πώς είναι το αποτέλεσμα του ελέγχου όταν δεν υπάρχουν structural breaks.

Πίνακας 6

Chow Breakpoint Test: 250

F-statistic	1.074241	Probability	0.342352
Log likelihood ratio	2.161190	Probability	0.339394



### 2.3.2 Έλεγχος Andrews για την ύπαρξη structural break σε μία άγνωστη χρονική στιγμή.

Η ιδέα για τον έλεγχο για ύπαρξη για απότομη αλλαγή σε ένα δείγμα χωρίς να γνωρίζουμε όμως μία πιθανή χρονική στιγμή στην οποία συνέβει αυτή η απότομη αλλαγή έχει προταθεί από τον Quandt (1960). Ο Quandt πρότεινε να εξάγεται το Chow test που περιγράψαμε στην παραπάνω ενότητα για κάθε πιθανό  $t_{break}$  και να κρατάμε μόνο τη μεγαλύτερη τιμή του Chow test που υπολογίσαμε. Βέβαια, όπως είναι λογικό δεν μπορούν να θεωρηθούν ως πιθανά break dates σημεία πολύ κοντά στην αρχή του δείγματος ή πολύ κοντά στο τέλος του δείγματος καθώς οι παρατηρήσεις δεν θα είναι αρκετές για να εκτιμηθούν επαρκώς οι συντελεστές των μοντέλων. Είναι συνηθισμένη πλέον τακτική να χρησιμοποιείται σαν αρχικό δείγμα το 15% του δείγματος και σαν τελικό το 85% του δείγματος, αλλά γενικά τώρα θα συμβολίσουμε το ποσοστό αυτό ως  $M$  και  $(1-M)$  αντίστοιχα. Σύμφωνα με τα παραπάνω το στατιστικό που πρότεινε ο Quandt είναι το παρακάτω:

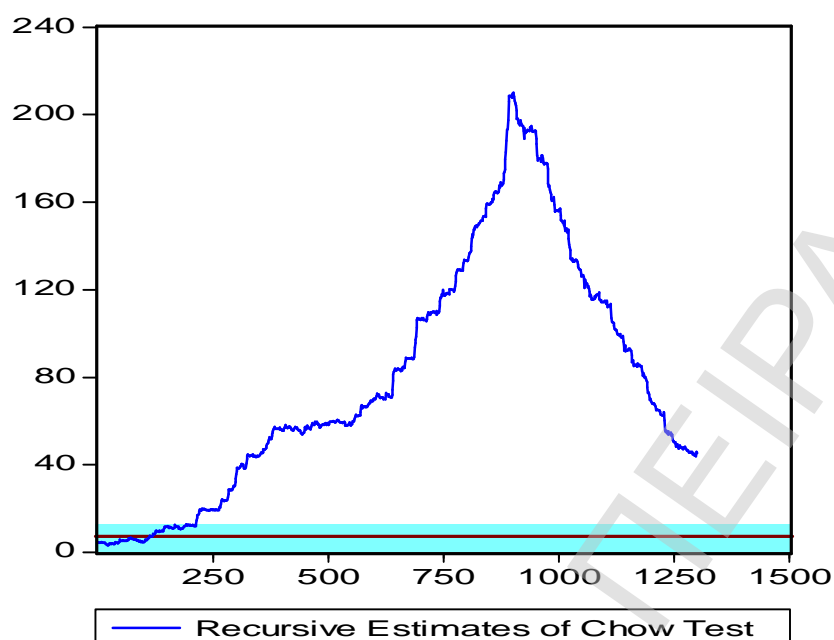
$$\sup_{M \times T \leq t_{break} \leq T \times (1-M)} F_{Chow}$$

Στον παραπάνω τύπο θεωρούμε ότι το  $t_{break}$  βρίσκεται ανάμεσα στο  $M \times T$  και το  $T \times (1-M)$  του δείγματος.

Αν η μεγαλύτερη τιμή που βρήκαμε οδηγεί σε απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης της στασιμότητας τότε έχουμε ένδειξη για ύπαρξη structural break. Σε αντίθετη περίπτωση υποστήριξε ο Quandt ότι δεν υπάρχουν structural breaks.

Ένας τρόπος να δείξουμε πώς λειτουργεί το test είναι να απεικονίσουμε το Chow test σε ένα γράφημα ως συνάρτηση των πιθανών break-dates. Το διάγραμμα 4 δείχνει ακριβώς αυτό το συνδυασμό για την πειραματική μας σειρά  $y_t$ :

Διάγραμμα 4



Οι υποψήφιες break-dates βρίσκονται στον οριζόντιο άξονα και οι τιμές του Chow test στον κάθετο άξονα. Αν δεν υπάρχουν απότομες αλλαγές στις παραμέτρους του μοντέλου παλινδρόμησης τότε το παραπάνω γράφημα θα έπρεπε να παραμένει σταθερό για όλα τα πιθανά break-dates. Αν αντίθετα οι παράμετροι αλλάζουν κάποια στιγμή τότε θα περιμέναμε να δούμε κάποια «αστάθεια» στο επίπεδο των εκτιμήσεων του Chow test από τη μία περίοδο στην άλλη. Στο παραπάνω διάγραμμα, βλέπουμε ότι υπάρχει η αστάθεια για την οποία μιλάει ο Quandt, άρα θα μπορούσαμε να μιλήσουμε υπέρ της ύπαρξης structural break στο μοντέλο που περιγράφει τη σειρά μας.

Όπως είδαμε προηγουμένως, εφόσον το σημείο που συμβαίνει η απότομη αλλαγή είναι γνωστή  $a$  *priori* τότε μπορούμε να κάνουμε τον έλεγχο βασιζόμενοι στη μεθοδολογία που πρότεινε ο Chow και την ελεγχοσυνάρτηση

$$W = Fq \xrightarrow{a} X^2(q)$$

Στο μοντέλο μας, εφόσον έχουμε δύο παραμέτρους η κατανομή που χρειαζόμαστε είναι η  $X^2(2)$  οπότε η κριτική τιμή για τον έλεγχο μας είναι το  $\delta$  το οποίο εμφανίζουμε στο διάγραμμα με την οριζόντια κόκκινη γραμμή. Τιμές του Chow test μεγαλύτερες από αυτή την τιμή σημαίνει ότι θα πρέπει να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση της στασιμότητας των συντελεστών.

Όμως αν δεν είναι γνωστή από πριν η στιγμή κατά την οποία συνέβει η πιθανή απότομη αλλαγή τότε η κατανομή  $X^2(q)$  δεν είναι η κατάλληλη για τον έλεγχο μας. Αυτός είναι και ο λόγος που η μεθοδολογία του Quandt έμεινε ανενεργή εμπειρικά για πολλά χρόνια. Στις αρχές της δεκαετίας του 1990 οι Andrews και Andrews, Ploberger κατασκεύασαν πίνακες με ασυμπτωτικές κριτικές τιμές για την ελεγχοσυνάρτηση:

$$\sup_{M \times T \leq t_{break} \leq T \times (1-M)} F_{Chow}$$

Οι ασυμπτωτικές αυτές τιμές είναι πολύ μεγαλύτερες συγκρινόμενες με τις κλασσικές τιμές της  $X^2(q)$  κατανομής. Στο παράδειγμα μας, το οποίο έχει δύο παραμέτρους προς εκτίμηση, η κριτική τιμή από τους πίνακες του Andrews για επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5% είναι 12.9. Έχουμε εμφανίσει στο παραπάνω διάγραμμα την επιφάνεια που καθορίζει αυτή η τιμή σκιαγραφώντας την με μπλε χρώμα.

Ένας οπτικός τρόπος να ελέγξουμε το αν πρέπει να απορρίψουμε ή όχι τη μηδενική υπόθεση της ύπαρξης κάποιου structural break σε ποια σημείου του δείγματος μας, είναι να δούμε αν η κορυφή (Sup) του γραφήματος βρίσκεται εντός ή εκτός της σκιαγραφημένης περιοχής: αν βρίσκεται εντός τότε δεν υπάρχει break, ενώ αν βρίσκεται εκτός τότε απορρίπτω τη μηδενική υπόθεση της στασιμότητας.

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα 4 (όπως βέβαια και το περίμεναμε λόγω κατασκευής) το υψηλότερο σημείο βρίσκεται εκτός της σκιαγραφημένης περιοχής άρα υπάρχει απότομη αλλαγή. Το γεγονός ότι υπάρχουν και άλλα τέτοια σημεία εκτός της επίμαχης περιοχής δεν μας απασχολεί. Σκοπός του ελέγχου είναι να εντοπίσει AN υπάρχει ένα κάποιο structural break. Τα υπόλοιπα σημεία όπως θα δούμε παρακάτω θα ενσωματωθούν στη διαδικασία ελέγχου στα επόμενα βήματα όταν και θα ελέγξουμε για ύπαρξη ΠΟΛΛΩΝ structural breaks.

Ανακεφαλαιώνοντας, μπορούμε να πούμε ότι βρίσκουμε το  $\sup_{M \times T \leq t_{break} \leq T \times (1-M)} F_{Chow}$

Statistic και αν είναι μεγαλύτερο από την κριτική τιμή που παίρνουμε από τους πίνακες του Andrews (1993) τότε απορρίπτουμε την υπόθεση ότι δεν υπάρχουν structural breaks με την πιθανότητα μάλιστα να υπάρχουν περισσότερα του ενός.

### 2.3.3 Η μέθοδος του Bai για τον εντοπισμό ενός break point.

Η παραπάνω διαδικασία που έχουμε περιγράψει μέχρι στιγμής μας έχει δώσει ένα μηχανισμό ελέγχου για τον αν υπάρχουν απότομες αλλαγές σε κάποιες παραμέτρους στο μοντέλο που περιγράφει τη χρονολογική σειρά που μας ενδιαφέρει. Είδαμε ότι στον έλεγχο του Chow πρέπει να έχουμε γνώση για το πιθανό break point ενώ ο έλεγχος του Andrews απλώς μας λέει αν υπάρχουν ή όχι structural breaks. Δεν έχουμε ακόμα αναφέρει κάποιο αναλυτικό εργαλείο το οποίο, αφού πρώτα με τον έλεγχο του Andrews βεβαιωθούμε ότι υπάρχουν, θα μας βοηθήσει να εντοπίσουμε τα break points όταν αυτά μας είναι άγνωστα.

Η μεθοδολογία που θα περιγράψουμε αναπτύχθηκε από τον Bai (1994). Ο Bai πρότεινε μία αντίστοιχη ακολουθία με το Quandt: Για κάθε πιθανό  $t_{break}$  να εκτιμήσουμε τις παρακάτω παλινδρομήσεις:

$$Y = Xb_1 + u \text{ όταν } 1 \leq t \leq t_{break}$$
$$Y = Xb_2 + u \text{ όταν } t_{break} \leq t \leq T$$

με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων και έπειτα για κάθε εκτίμηση των δύο μοντέλων να προστίθεται το άθροισμα των τετραγώνων των καταλοίπων των παλινδρομήσεων:

$$Total\ RSS = RSS_1 + RSS_2$$

Ως εκτιμητή του σημείου  $t_{break}$  προτείνει εκείνο το  $t_{break}$  για το οποίο το παραπάνω άθροισμα ελαχιστοποιείται:

$$\hat{t}_{break} = \min_{MT \leq t_{break} \leq (1-M)T} \{Total\ RSS\}$$

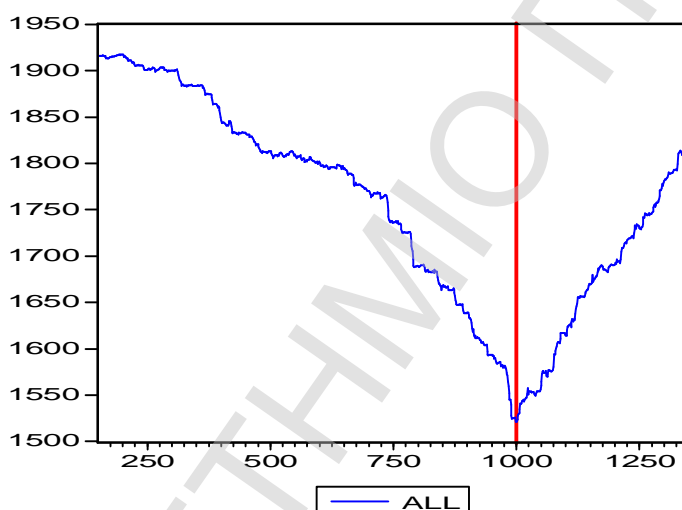
Η λογική πίσω από αυτό το στατιστικό είναι ότι εφόσον βρισκόμαστε στο σωστό  $t_{break}$  τα δύο μοντέλα που δημιουργούνται θα περιγράφουν καλύτερα από κάθε άλλο μοντέλο τη σειρά μας με αποτέλεσμα σε εκείνο το σημείο το Total RSS να έχει τοπικό ελάχιστο.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφέρουμε ότι κάποιοι χρησιμοποιούν σαν εκτιμητή του  $t_{break}$  το σημείο που βρίσκεται το sup F statistic με τη λογική ότι αφού εκεί

απορρίπτεται σε μεγαλύτερο βαθμό η υπόθεση της στασιμότητας εκεί θα βρίσκεται και το break. Στην πραγματικότητα το  $\sup F$  date και η χρονική στιγμή που προτείνει η διαδικασία του Bai θα ταυτίζονται όταν τα μοντέλα μας είναι γραμμική και ομοσκεδαστικά. Εμείς στα εμπειρικά μας αποτελέσματα χρησιμοποιούμε τη διαδικασία του Bai.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται το Total RSS όπως το περιγράψαμε για τη σειρά  $y_t$  που χρησιμοποιούμε από την αρχή για να απεικονίσουμε βήμα βήμα την μεθοδολογία που ακολουθούμε:

Διάγραμμα 7



Και η εκτίμηση του  $t_{\text{break}}$  είναι το σημείο 1003. Παρατηρούμε ότι η μέθοδος αυτή εντοπίζει μόνο ένα  $t_{\text{break}}$ . Στην επόμενη ενότητα θα εξετάσουμε πώς συνδυάζοντας τα όσα έχουμε πει μέχρι στιγμής μπορούμε να ελέγξουμε για την ύπαρξη και τον εντοπισμό πολλών structural breaks σε μία χρονολογική σειρά.

### 2.3.4 Η μέθοδος των Bai και Perron (1998) για τον έλεγχο και τον εντοπισμό πολλών break points.

Εφόσον έχουμε ήδη περιγράψει τα απαραίτητα βήματα της μεθοδολογίας για τον έλεγχο αρχικά και τον εντοπισμό έπειτα ΕΝΟΣ μόνο σημείου στο οποίο έχουμε απότομη αλλαγή στο μοντέλο παλινδρομής που έχουμε επιλέξει για να μοντελοποιήσουμε την ανέλιξη που μας ενδιαφέρει, είναι πολύ εύκολο να περιγράψουμε τη γενικευμένη μέθοδο που πρότειναν οι Bai και Perron για τον έλεγχο και εντοπισμό ΠΟΛΛΩΝ σημείων στα οποία έχουμε απότομες αλλαγές.

Στην ουσία η μέθοδος που προτείνουν, είναι μια επαναληπτική διαδικασία των βημάτων που έχουμε περιγράψει για διαφορετικά δείγματα κάθε φορά τα οποία προκύπτουν από τα εκάστοτε εκτιμημένα break points. Συγκεκριμένα, τα βήματα του ελέγχου τους είναι τα εξής:

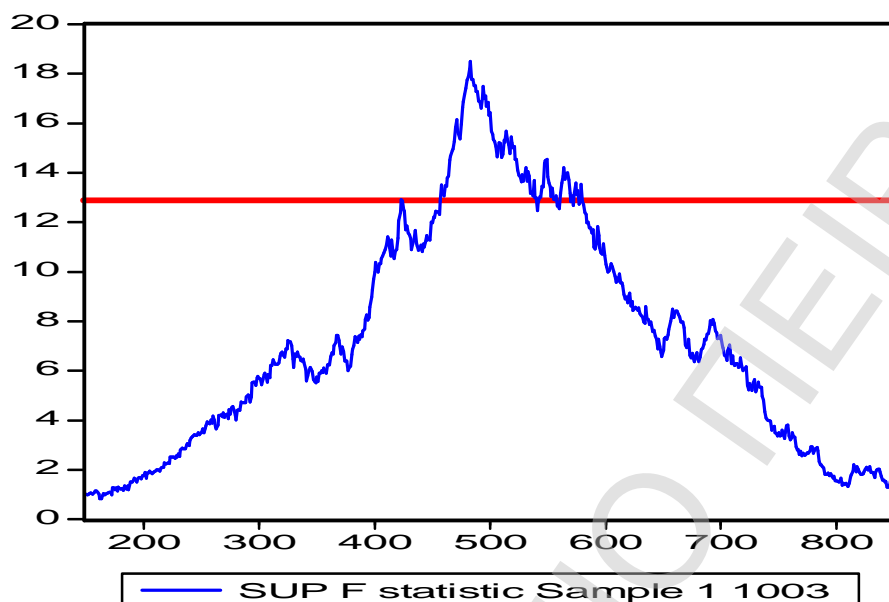
1. Χρήση του sup F statistic για τον έλεγχο ύπαρξης απότομων αλλαγών
2. Αν απορρίψουμε την υπόθεση της στασιμότητας τότε εντοπισμός του σημείου αλλαγής με τη μέθοδο του Bai(1997a).
3. Χωρισμός του δείγματος σε υπό-περιόδους με βάση το  $\hat{t}_{break}$ . Εκτίμηση και πάλι του sup F statistic για κάθε νέο δείγμα ξεχωριστά.
4. Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία μέχρι να μην απορρίπτουμε την υπόθεση της στασιμότητας.

Για να γίνει πιο κατανοητό εφαρμόζουμε αυτή τη διαδικασία στην σειρά που έχουμε δημιουργήσει μέσα από το πείραμα Monte Carlo που έχουμε περιγράψει στην αρχή αυτού του κεφαλαίου.

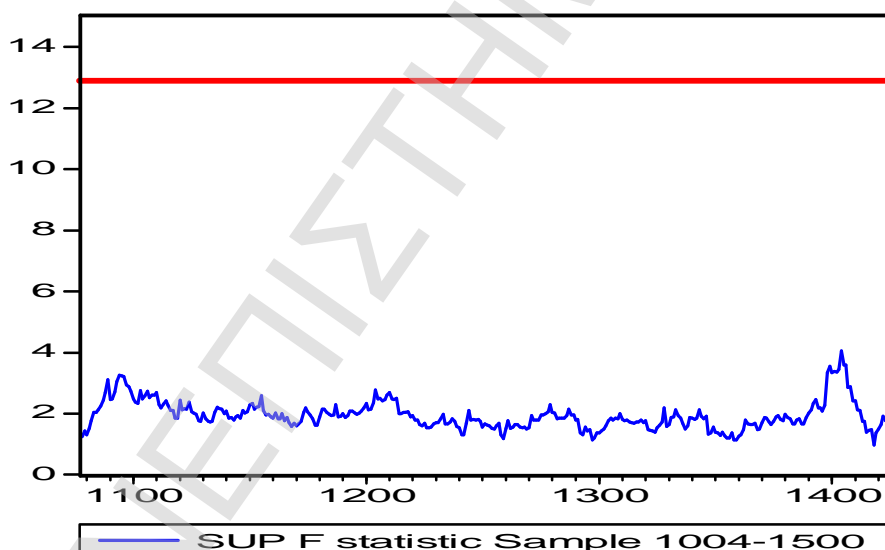
Στις παραπάνω ενότητες έχουμε ήδη δείξει ότι για τη σειρά  $y_t$  έχουμε απορρίψει την υπόθεση της στασιμότητας και έχουμε εντοπίσει ως break point την παρατήρηση 1003 (αντί της 1000 που εκ κατασκευής είναι το σωστό σημείο)

Επομένως ξεκινάμε την ανάλυση από το τρίτο βήμα: χωρίζουμε το δείγμα από 1-1003 και από 1004-1500 και για κάθε περίοδο βρίσκουμε το sup F statistic. Παρακάτω εμφανίζονται τα αντίστοιχα διαγράμματα:

Διάγραμμα 8α



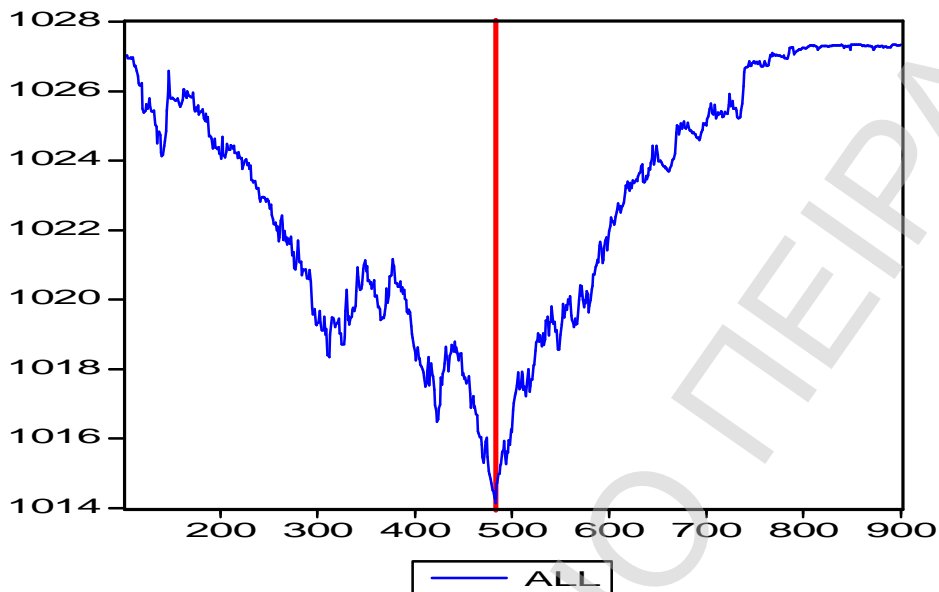
Διάγραμμα 8β



Σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα, βλέπουμε ότι στην περίπτωση που εξετάζουμε το δείγμα μεταξύ 1-1003 απορρίπτουμε την υπόθεση της στασιμότητας καθώς το sup F υπερβαίνει την κριτική τιμή του Andrews. Αντίθετα στο δεύτερο υπό εξέταση δείγμα βλέπουμε ότι δεν απορρίπτουμε την υπόθεση της στασιμότητας.

Στο επόμενο βήμα, εφόσον βρήκαμε ότι υπάρχει structural break το αναζητούμε με τη μέθοδο Bai για την περίοδο 1-1003. Παρακάτω εμφανίζεται το αντίστοιχο διάγραμμα με τις διαδοχικές εκτιμήσεις ελαχίστων τετραγώνων των εναλλακτικών περιόδων:

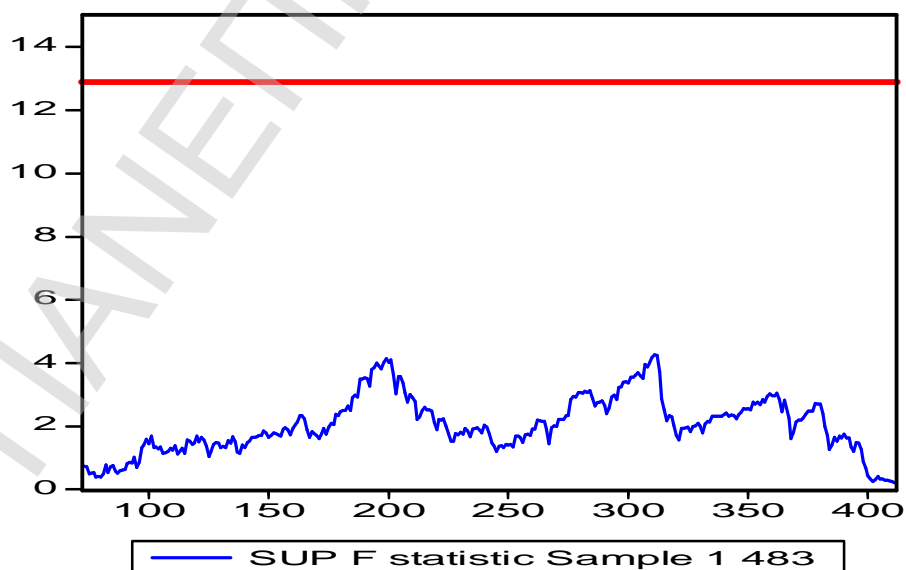
Διάγραμμα 9



Όπου δίνει ως εκτιμώμενο break point το σημείο 483( αντί του 500 που το έχουμε προγραμματίσει)

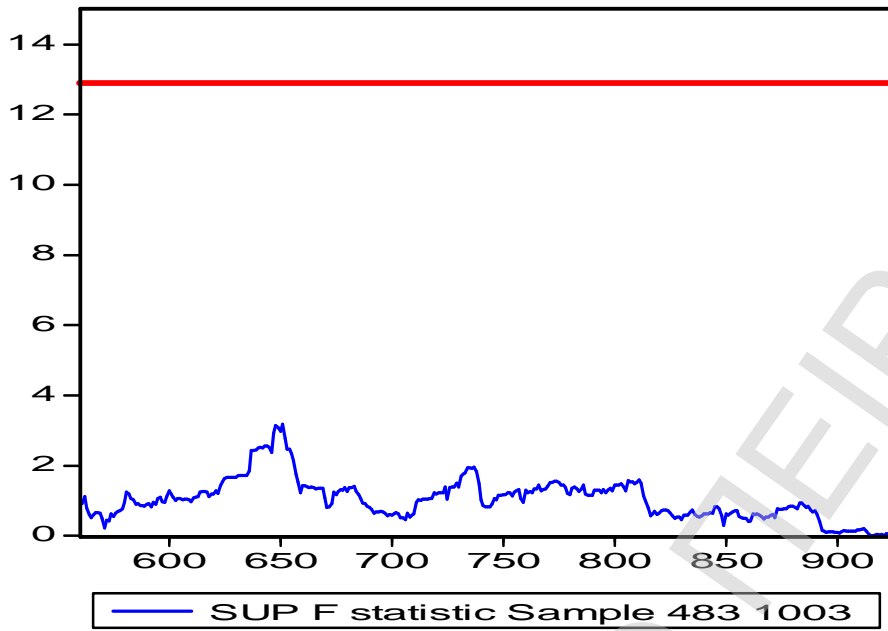
Για να ολοκληρωθεί η διαδικασία, παρακάτω παραθέτουμε και τα διαγράμματα του ελέγχου του Andrews για τις νέες υποπεριόδους που προέκυψαν με βάση το νέο break point 483 που εκτιμήσαμε:

Διάγραμμα 10α





Διάγραμμα 10β



Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε δεν μπορούμε να απορρίψουμε για αυτές τις υπο-περιόδους την υπόθεση της στασιμότητας και επομένως η διαδικασία έχει ολοκληρωθεί. Το συμπέρασμα μας είναι ότι για τη σειρά που εξετάσαμε πειραματικά, βρήκαμε δύο break points στα σημεία 483 και 1003.

## 3.Εμπειρική Μελέτη

### 3.1 Βάση δεδομένων και περιγραφή εμπειρικής μελέτης

Στο εμπειρικό κομμάτι της εργασίας αυτής, σκοπός μας είναι να εξετάσουμε αν σε διάφορα χρηματιστήρια, οι αποδόσεις των αγορών παρουσιάζουν απότομες αγορές στα προτεινόμενα μοντέλα που τις περιγράφουν. Ως δείκτες που μπορεί να περιγράψουν με τον πιο κοινό τρόπο την εξέλιξη των διάφορων χρηματιστηρίων, επιλέξαμε τους Global Indices, τους οποίους κατασκευάζει η βάση δεδομένων DataStream. Οι δείκτες αυτοί διακρίνονται σε εθνικούς, τοπικούς και διεθνείς και κατασκευάζονται ιστορικά με βάση τη μεγάλη βάση δεδομένων που έχει στη διάθεση της η DataStream γύρω από τις χρηματιστηριακά αξιόγραφα. Ο λόγος που επιλέξαμε αυτούς τους δείκτες και όχι τους εκάστοτε εθνικούς χρηματιστηριακούς δείκτες, είναι για να έχουμε μία ανεξάρτητη γενική πηγή στην ανάλυση μας η οποία θα ακολουθεί τυπικά τα ίδια δεδομένα στην κατασκευή των δεικτών της για κάθε χρηματιστηριακή αγορά που θα μας απασχολήσει.

Το πρώτο κριτήριο για την επιλογή των αγορών που θα επιλέξουμε ήταν γεωγραφικό: Επιλέξαμε αποκλειστικά και μόνο ευρωπαϊκές αγορές. Το δεύτερο κριτήριο ήταν χρονολογικό: Επιλέξαμε χρηματιστήρια για τα οποία η DataStream κατασκευάζει τους υπό εξέταση δείκτες από 01/01/1973 για να έχουμε ένα κοινό χρονικό ορίζοντα στα αποτελέσματα μας. Το αποτέλεσμα του παραπάνω φίλτρου ήταν να επιλέξουμε τις παρακάτω χώρες:

- Αυστρία
- Βέλγιο
- Δανία
- Γαλλία
- Γερμανία
- Ιρλανδία
- Ιταλία
- Ολλανδία
- Ηνωμένο Βασίλειο

- Εξαίρεση αποτελεί η Ελλάδα, όπου θα εξετάσουμε την περίπτωση της σε διαφορετική ανάλυση σε σχέση με τις παραπάνω χώρες.

Για τις πρώτες χώρες έχουμε μηνιαίες παρατηρήσεις ενώ στην περίπτωση της Ελλάδας εβδομαδιαίες.

Το πρώτο εμπειρικό κομμάτι αυτής της εργασίας βασίζεται στην παραπάνω ομάδα ευρωπαϊκών αγορών. Ελέγξαμε με την προτεινόμενη μεθοδολογία του προηγούμενου κεφαλαίου την περίπτωση να υπάρχουν απότομες αλλαγές στο μοντέλο που επιλέξαμε για να τις μοντελοποιήσουμε. Σε αντίθεση με το αυτοπαλίνδρομο μοντέλο με σταθερά που χρησιμοποιήσαμε στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο για να εξηγήσουμε τη λογική των απότομων αλλαγών στους συντελεστές του μοντέλου μας στο εμπειρικό κομμάτι της εργασίας θα επιλέξουμε το αυτοπαλίνδρομο μοντέλο χωρίς σταθερά.

$$r_t = \rho r_{t-1} + u_t$$

Ο λόγος που επιλέξαμε αυτό το μοντέλο είναι διπλός: Πρώτα, θέλαμε η όποια απότομη αλλαγή εντοπιζαμε να ήταν άμεσα φανερό, ποιο συντελεστή του μοντέλου αφορούσε. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι στην προσπάθεια να ερμηνεύσουμε τη συμπεριφορά των αποδόσεων μίας χρηματιστηριακής αγοράς, ο συντελεστής που παίζει ρόλο είναι το «ρ». Ένα θετικό ή αρνητικό ρ δείχνει το πώς συμπεριφέρονται οι επενδυτές από μία περίοδο στην άλλη.

Η ύπαρξη μίας θετικής ή αρνητικής σταθεράς είναι σημαντικό στοιχείο πληροφόρησης καθώς θα μπορούσε να παίζει ρόλο στην απόφαση μας να επενδύσουμε ( $c > 0$ ) ή όχι ( $c < 0$ ) σε ένα χρηματιστήριο. Μάλιστα στο δεύτερο εμπειρικό κομμάτι αυτής της εργασίας που αφορά την Ελλάδα, δείχνουμε πώς ένα μοντέλο με μία σταθερά και μόνο, αν κάποιος μπορεί να προβλέψει τα structural breaks τότε μπορεί να βγει κερδισμένος βασισμένος σε αυτή ακριβώς τη στρατηγική.

Στην επόμενη ενότητα ακολουθούν περιγραφικά στοιχεία για κάθε μία από τις παραπάνω αγορές. Δίνονται τα διαγράμματα του δείκτη των αποδόσεων του δείκτη καθώς και το διάγραμμα που απεικονίζει το Andrews test. Επίσης δίνεται για κάθε

σειρά και ένας πίνακας στον οποίο αναφέρονται ο μέσος και η τυπική απόκλιση των αποδόσεων κάθε αγοράς, το αποτέλεσμα του ελέγχου για μοναδιαία ρίζα για να δικαιολογήσουμε ότι το μοντέλο που πήραμε είναι κατά αρχήν κατάλληλο για αυτού του είδους τις σειρές. Τέλος δίνεται και το sup F statistic για το σύνολο του δείγματος συγκρινόμενο με την κριτική τιμή από τους ασυμπτωτικούς πίνακες του Andrews για την περίπτωση της μίας σταθεράς σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας  $\alpha=5\%$  ( $c_{\alpha=5\%}=7.1$ )

Όπως θα δούμε το τεστ του Andrews σε 4 από τις 9 αγορές που εξετάζουμε απορρίπτει την υπόθεση της στασιμότητας των συντελεστών και συγκεκριμένα στην:

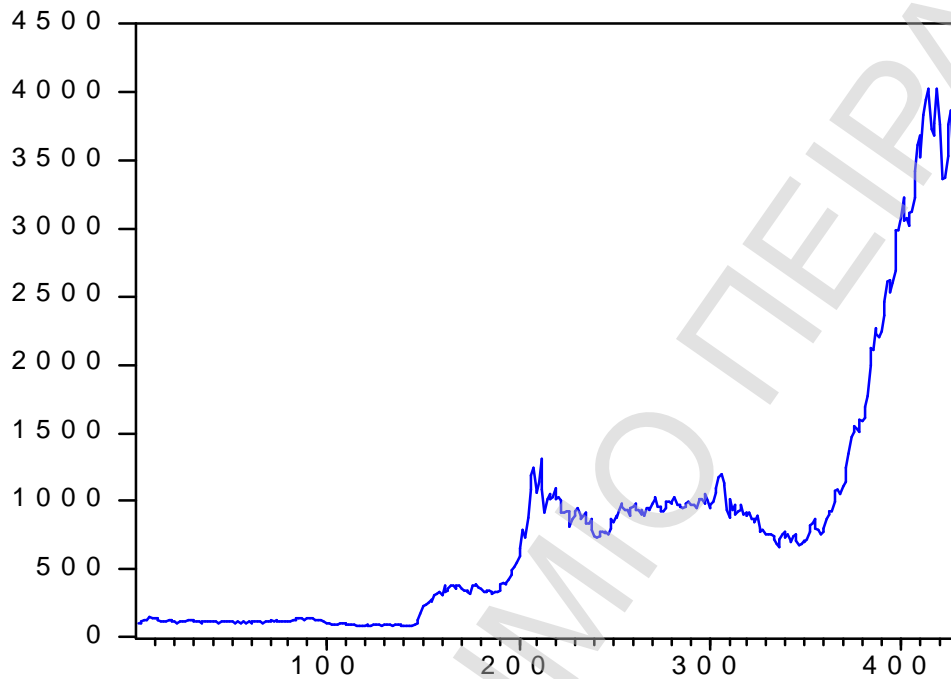
- Αυστρία
- Βέλγιο
- Ιταλία
- Ολλανδία

Για αυτές τις αγορές, στην επόμενη ενότητα συνεχίζεται η μεθοδολογία που έχουμε περιγράψει για τον εντοπισμό περαιτέρω απότομων αλλαγών καθώς γίνεται και προσπάθεια να συσχετίσουμε αυτές τις αλλαγές με γεγονότα από τη χρηματιστηριακή ιστορία αυτών των αγορών όπου αυτό είναι δυνατό. Επίσης επειδή ο έλεγχος για την ύπαρξη structural breaks με τη μέθοδο των recursive least squares για τις αγορές είναι λιγότερο ισχυρός και τα αποτελέσματα αυτού του ελέγχου περιγράφονται απόλυτα από την αναλυτική μεθοδολογία που ακολουθούμε, τα αποτελέσματα του δεν παρουσιάζονται και είναι στη διάθεση όποιου τα ζητήσει.

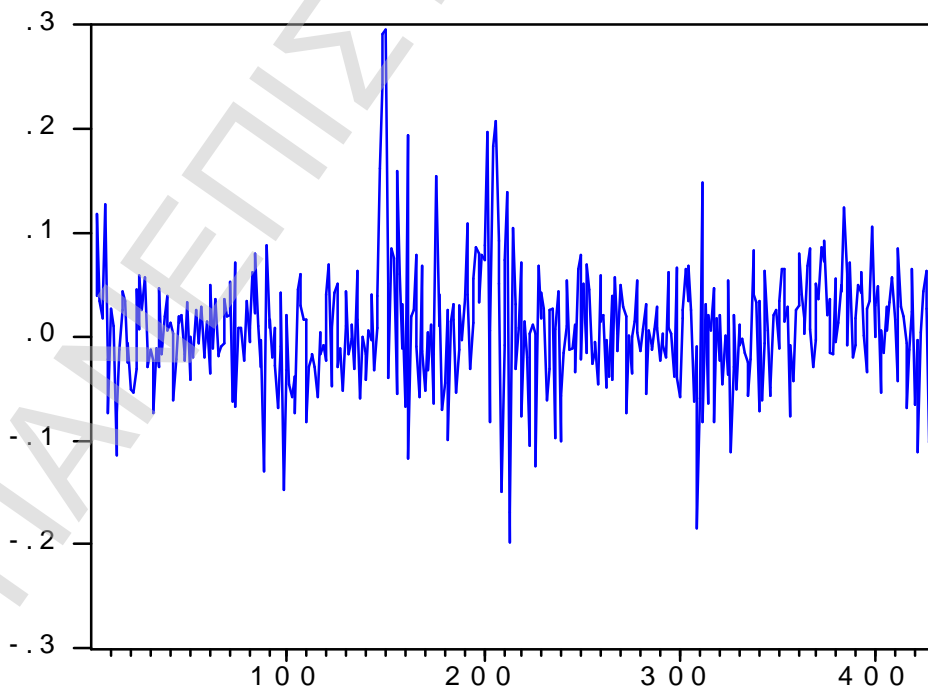
3.2.1 Έλεγχος για την υπέρξη μίας απότομης αλλαγής σε ευρωπαϊκές χρηματιστηριακές αγορές με μηνιαία στοιχεία.

**1.Αυστρία**

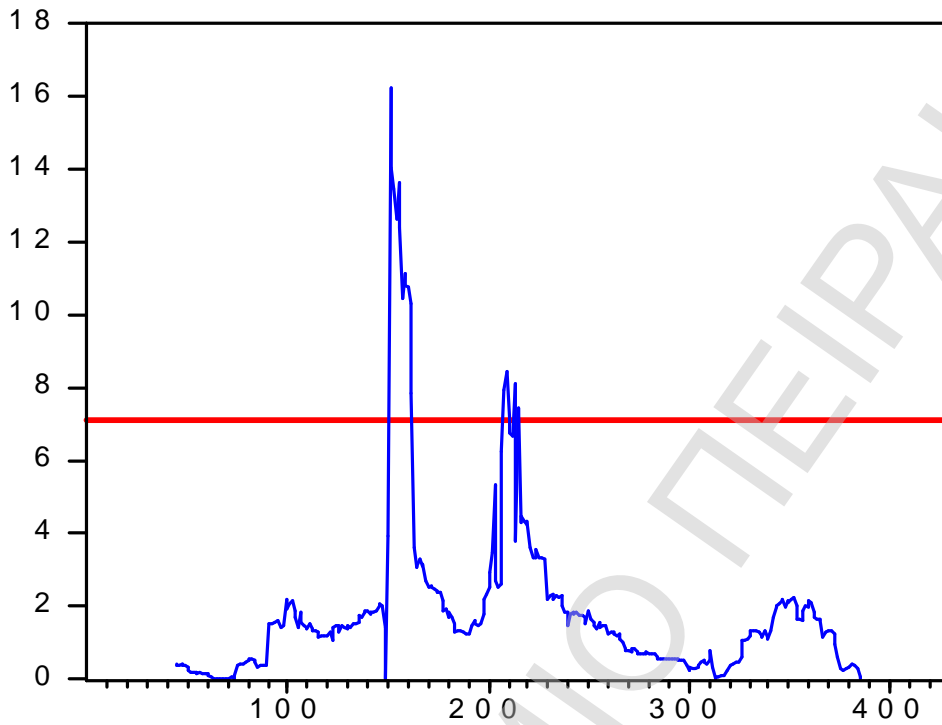
Διάγραμμα 11α  
Total Market Index



Διάγραμμα 11β  
Total Market Return



Διάγραμμα 11γ  
 Andrews test: Σύνολο Δείγματος



Πίνακας 7

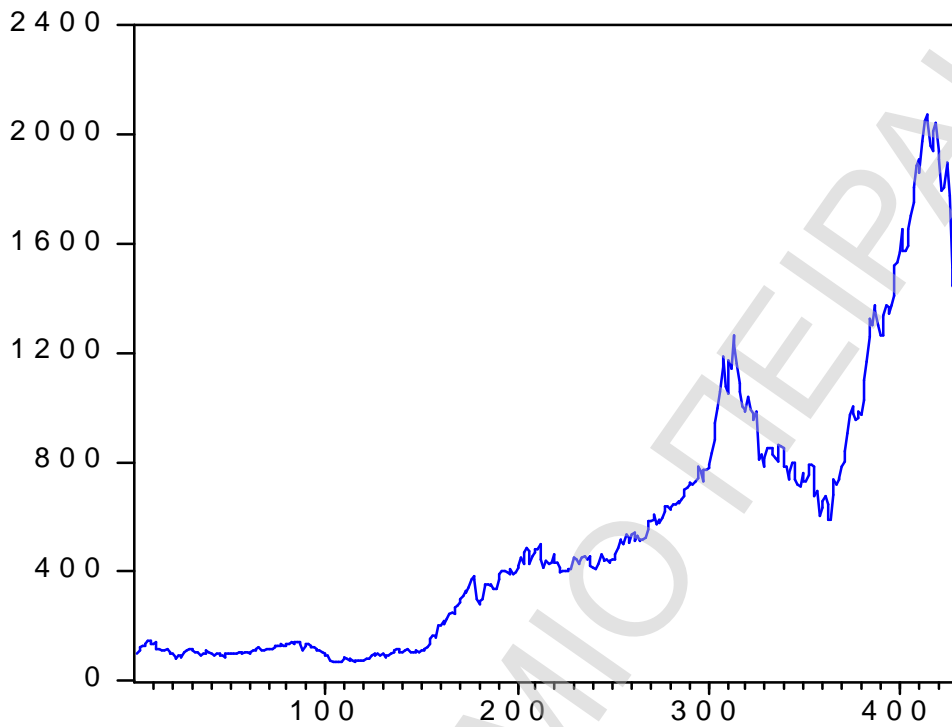
Περιγραφικά Στατιστικά για το σύνολο του δείγματος των αποδόσεων

Μέσος	0.8%
Τυπική Απόκλιση	0.06
$H_0: \rho=1$ (Unit Root Test)	Απορρίπτουμε $H_0$
Sup F statistic	<b>16.23 &gt; 7.1</b>

## 2.Βέλγιο

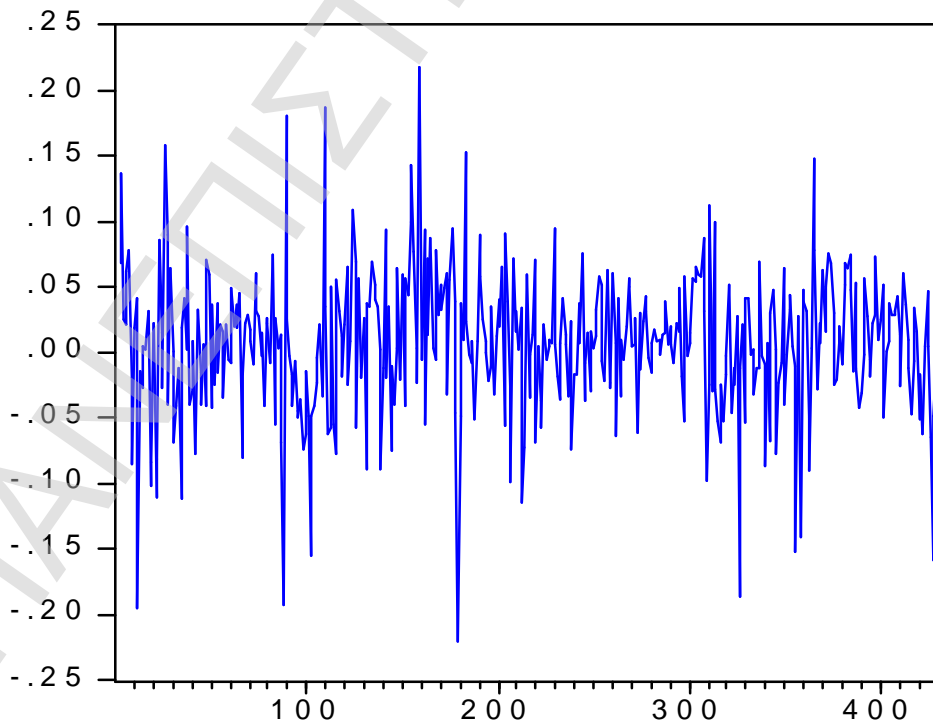
Διάγραμμα 12α

Total Market Index

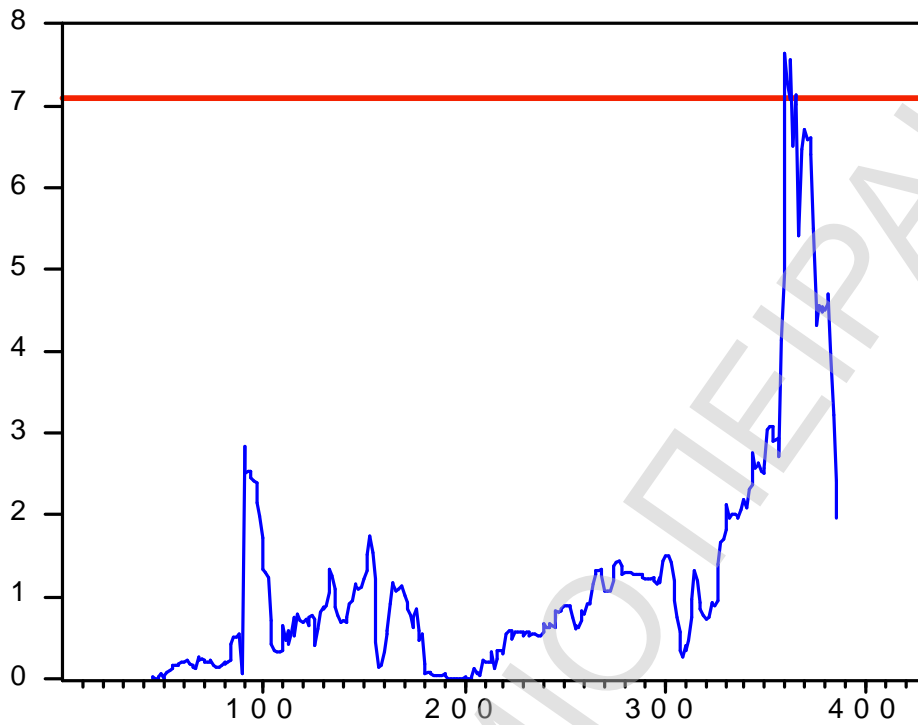


Διάγραμμα 12β

Total Market Return



Διάγραμμα 12γ  
Andrews test: Σύνολο Δείγματος



Πίνακας 8

Περιγραφικά Στατιστικά για το σύνολο του δείγματος των αποδόσεων

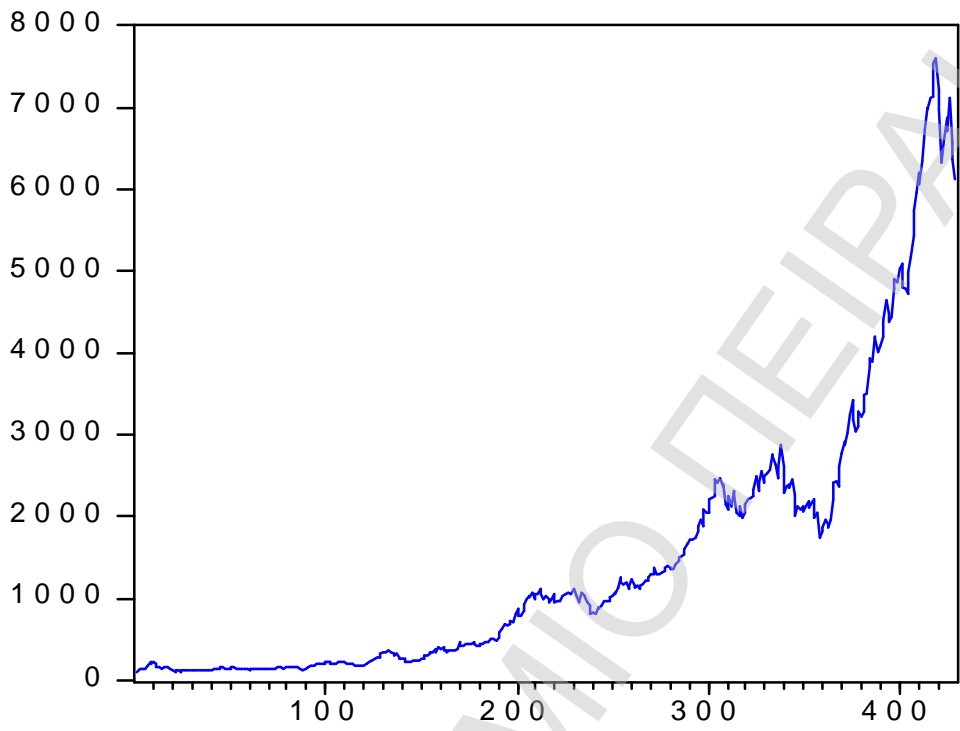
Μέσος	0.6%
Τυπική Απόκλιση	0.05
$H_0: \rho=1$ (Unit Root Test)	Απορρίπτουμε $H_0$
Sup F statistic	<b>7.65 &gt; 7.1</b>



**3.Δανία**

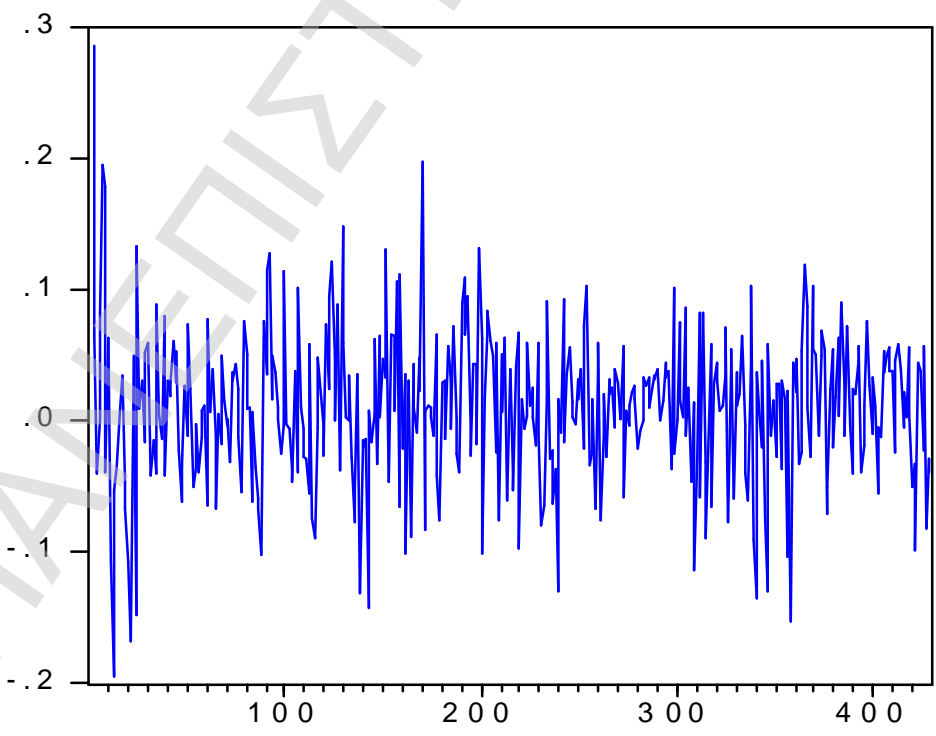
Διάγραμμα 13α

Total Market Index

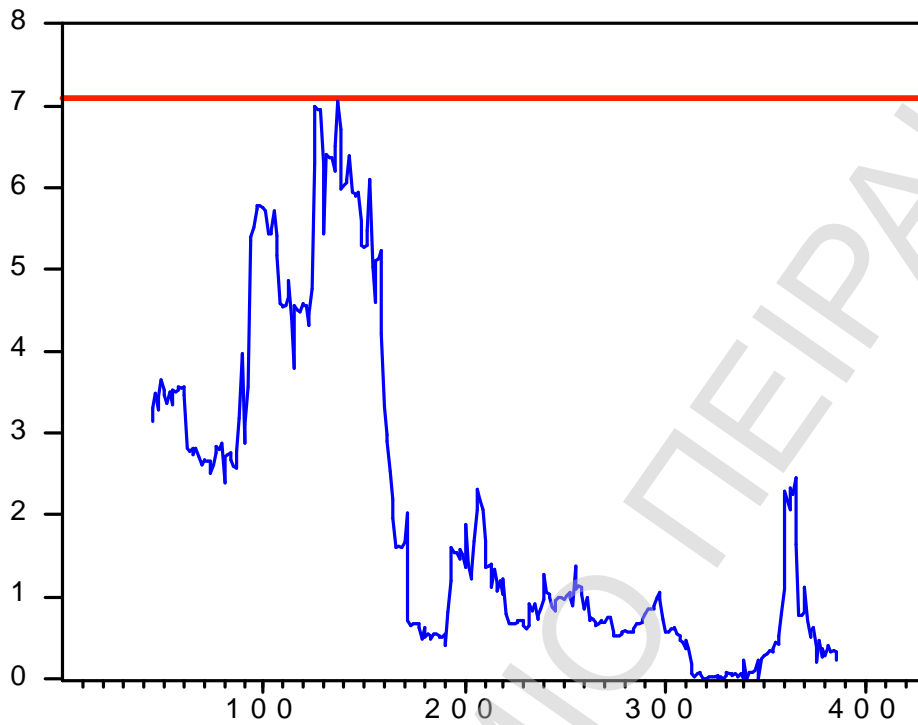


Διάγραμμα 13β

Total Market Return



Διάγραμμα 13γ  
Andrews test: Σύνολο Δείγματος



Πίνακας 9

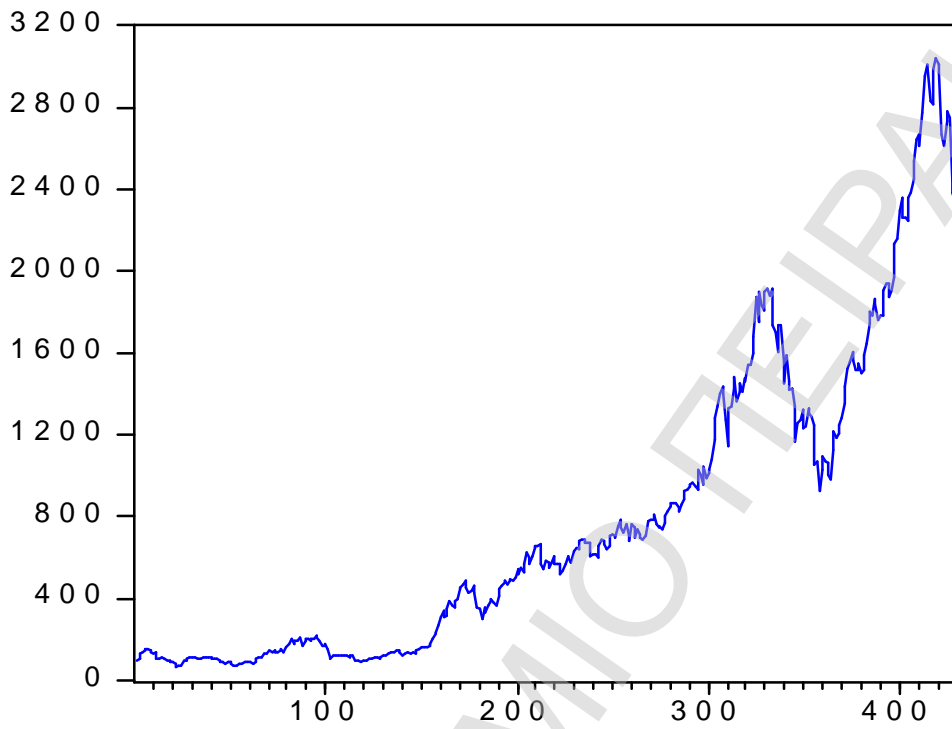
Περιγραφικά Στατιστικά για το σύνολο του δείγματος των αποδόσεων

Μέσος	0.9%
Τυπική Απόκλιση	0.06
$H_0: \rho=1$ (Unit Root Test)	Απορρίπτουμε $H_0$
Sup F statistic	<b>7.05 &lt; 7.1</b>

#### 4.Γαλλία

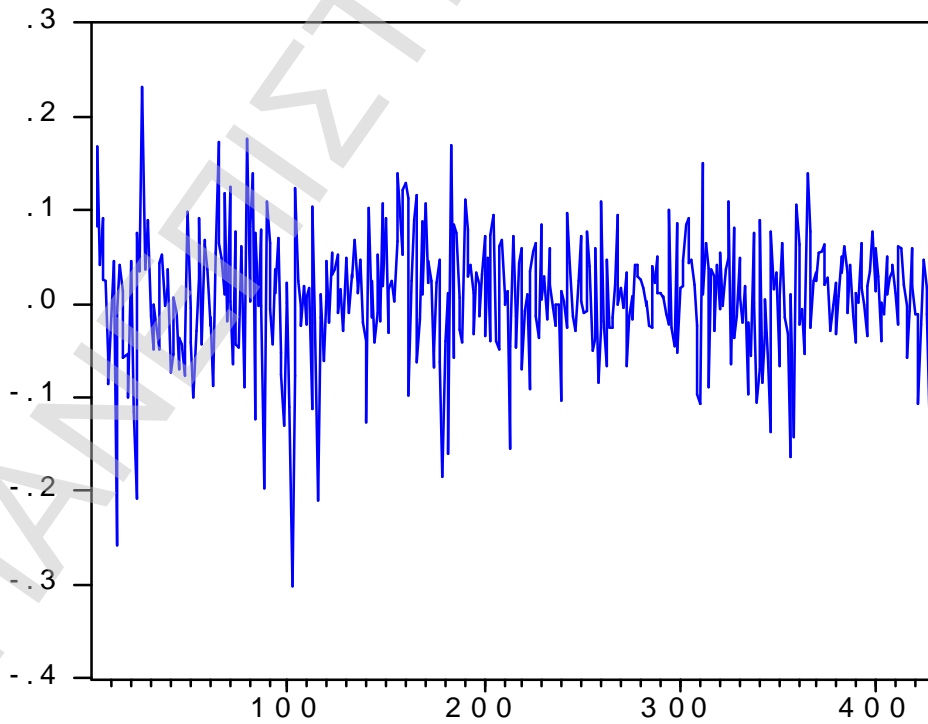
Διάγραμμα 14α

Total Market Index

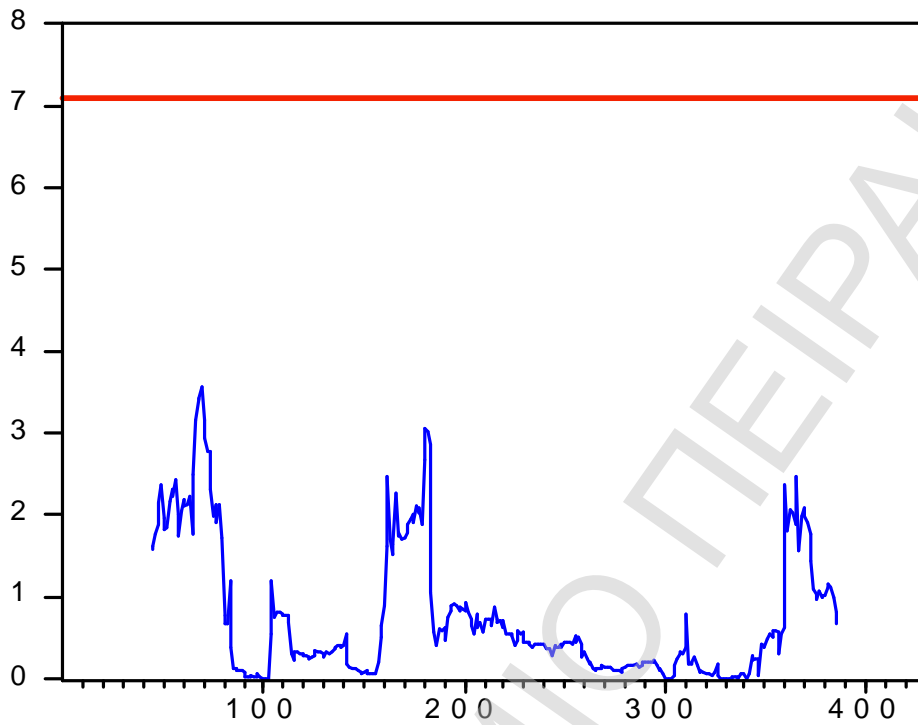


Διάγραμμα 14β

Total Market Return



Διάγραμμα 14γ  
 Andrews test: Σύνολο Δείγματος



Πίνακας 10

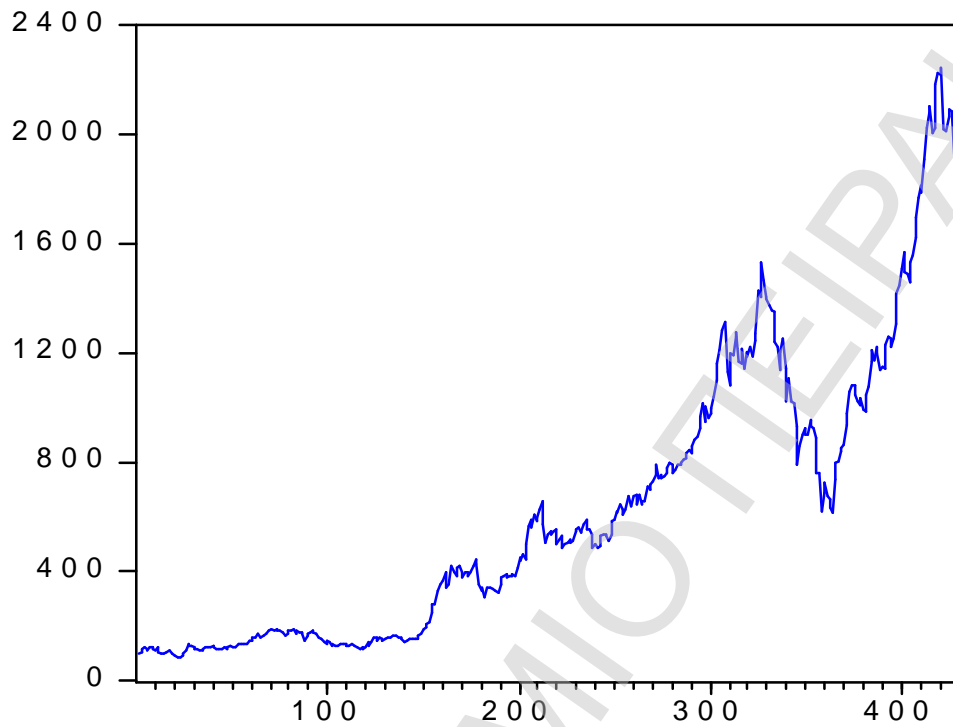
Περιγραφικά Στατιστικά για το σύνολο του δείγματος των αποδόσεων

Μέσος	0.7%
Τυπική Απόκλιση	0.06
$H_0: \rho=1$ (Unit Root Test)	Απορρίπτουμε $H_0$
Sup F statistic	<b>3.56 &lt; 7.1</b>

## 5. Γερμανία

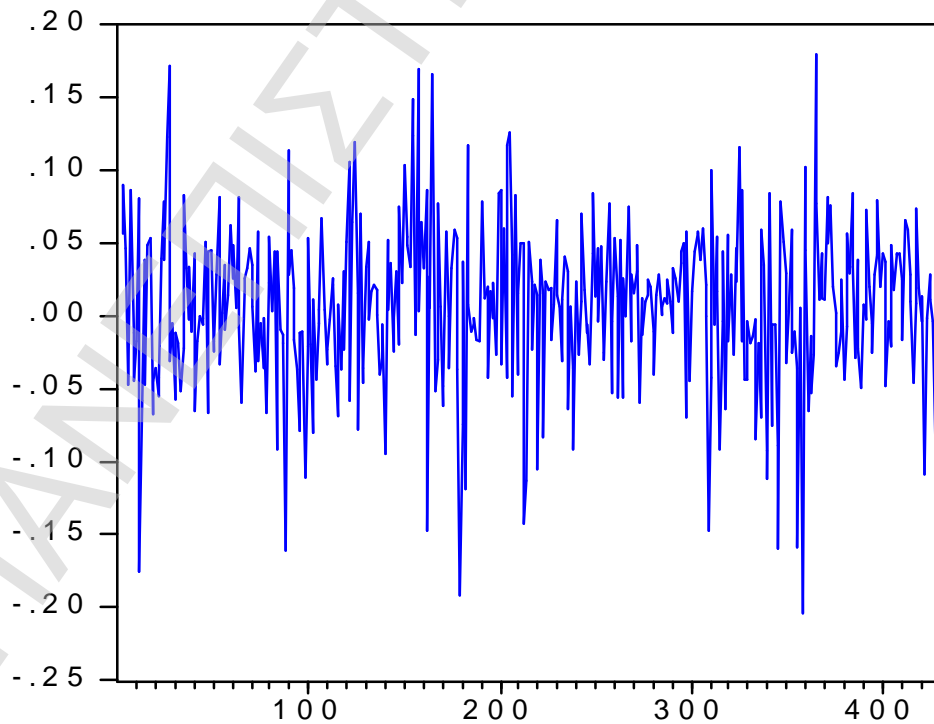
Διάγραμμα 15α

Total Market Index

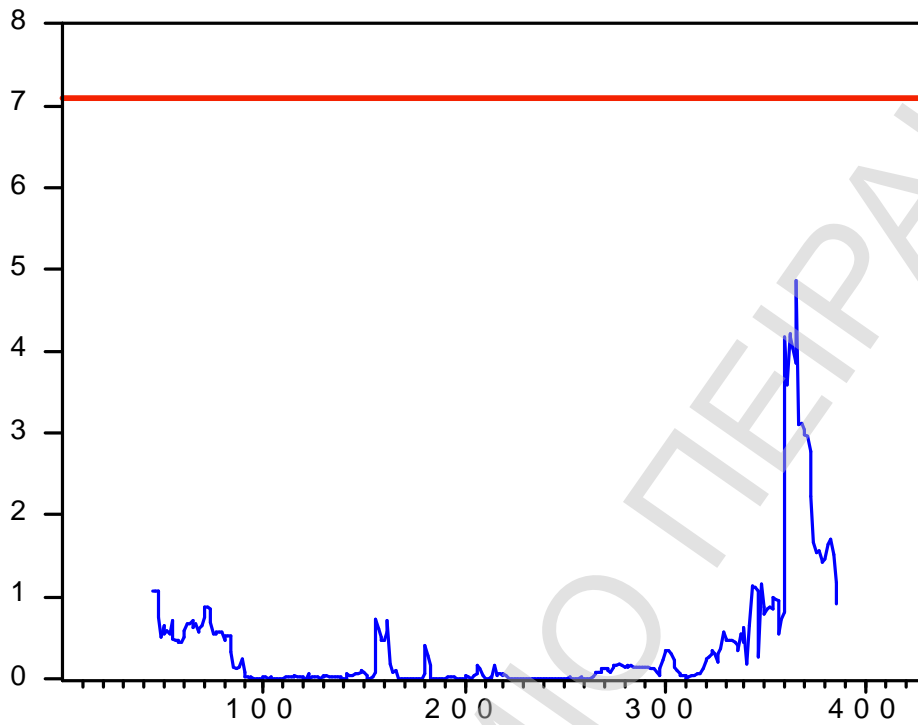


Διάγραμμα 15β

Total Market Return



Διάγραμμα 15γ  
Andrews test: Σύνολο Δείγματος



Πίνακας 11

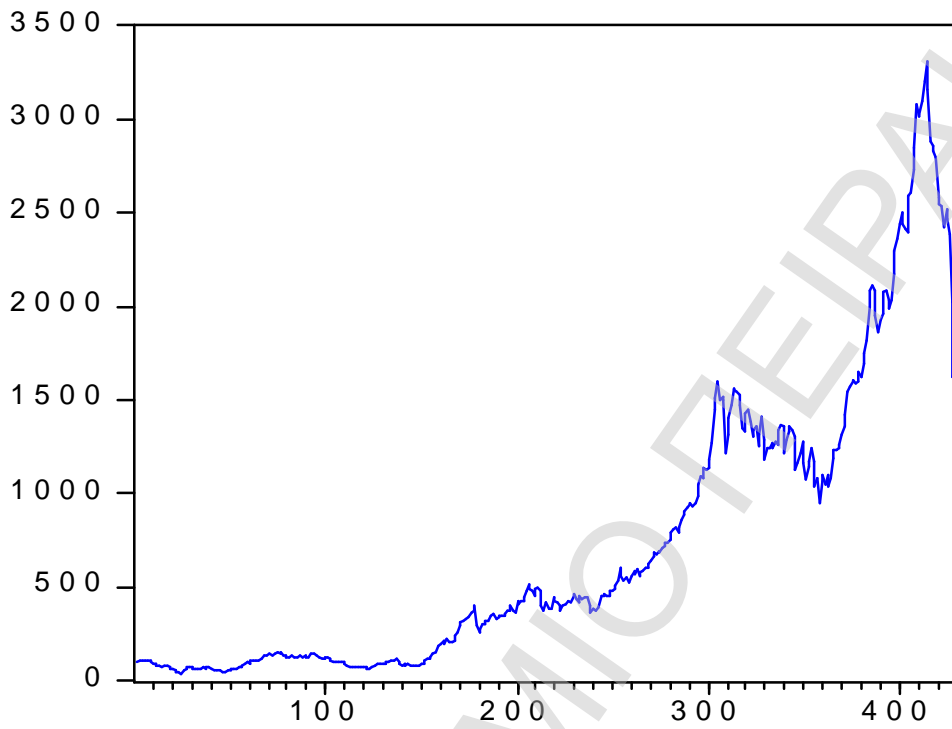
Περιγραφικά Στατιστικά για το σύνολο του δείγματος των αποδόσεων

Μέσος	0.6%
Τυπική Απόκλιση	0.06
$H_0: \rho=1$ (Unit Root Test)	Απορρίπτουμε $H_0$
Sup F statistic	<b>4.87 &lt; 7.1</b>

## 6. Ιρλανδία

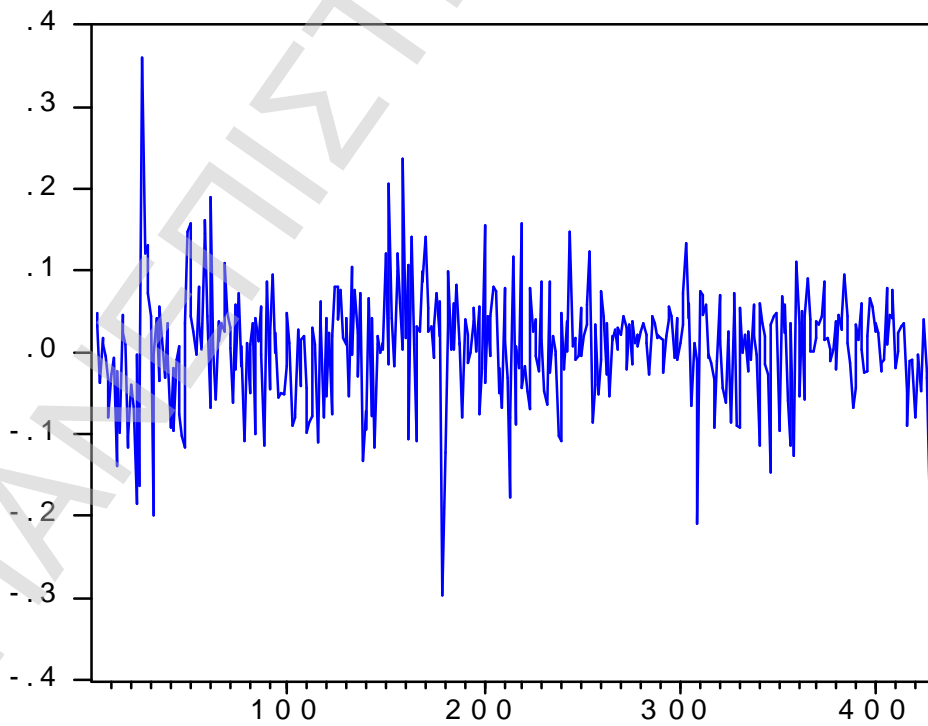
Διάγραμμα 16α

Total Market Index

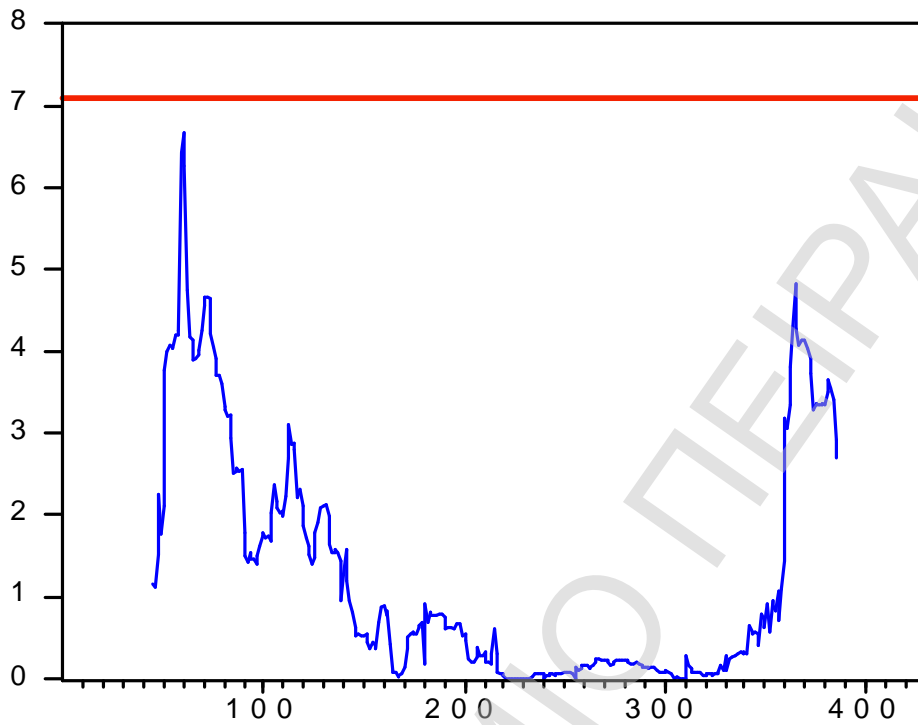


Διάγραμμα 16β

Total Market Return



Διάγραμμα 16γ  
Andrews test: Σύνολο Δείγματος



Πίνακας 12

Περιγραφικά Στατιστικά για το σύνολο του δείγματος των αποδόσεων

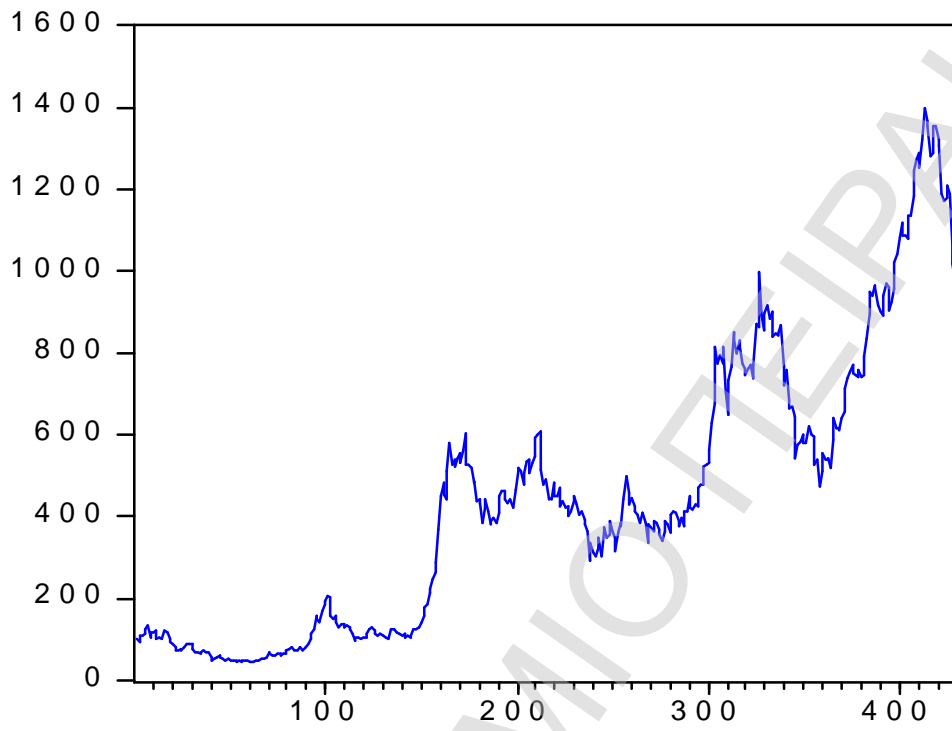
Μέσος	0.6%
Τυπική Απόκλιση	0.07
$H_0: \rho=1$ (Unit Root Test)	Απορρίπτουμε $H_0$
Sup F statistic	<b>6.68 &lt; 7.1</b>



**7.Ιταλία**

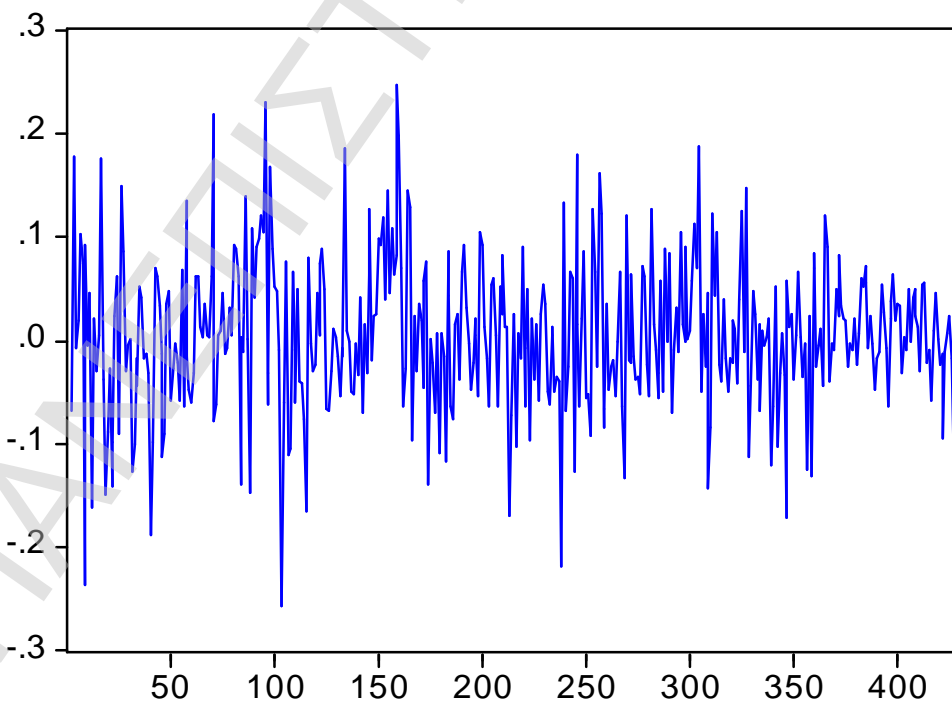
Διάγραμμα 17α

Total Market Index

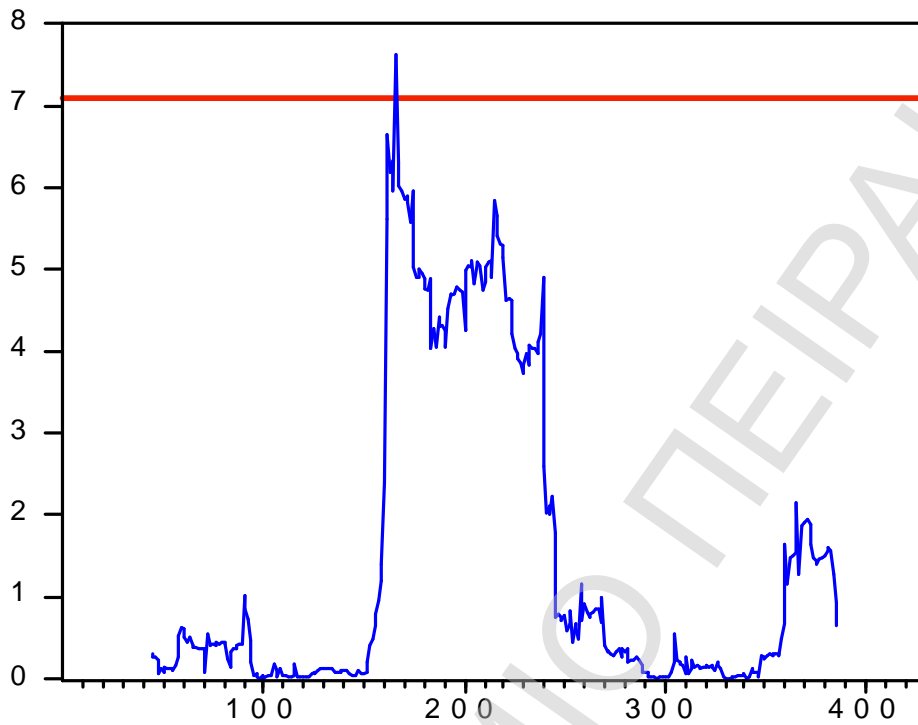


Διάγραμμα 17β

Total Market Return



Διάγραμμα 17γ  
Andrews test: Σύνολο Δείγματος



Πίνακας 13

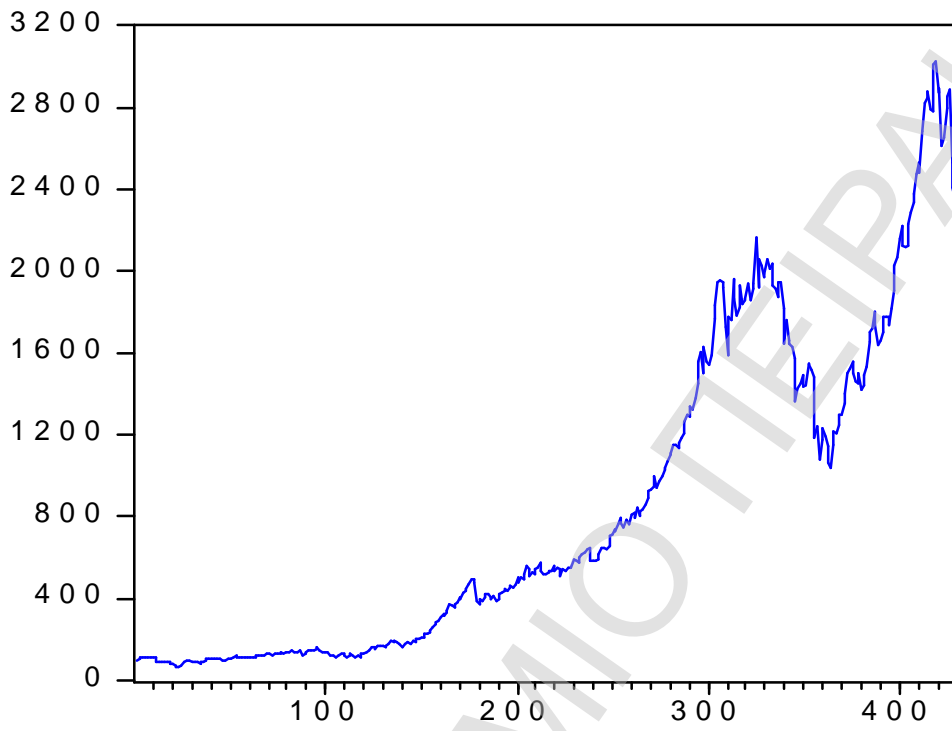
Περιγραφικά Στατιστικά για το σύνολο του δείγματος των αποδόσεων

Μέσος	0.5%
Τυπική Απόκλιση	0.07
$H_0: \rho=1$ (Unit Root Test)	Απορρίπτουμε $H_0$
Sup F statistic	<b>7.63 &gt; 7.1</b>

**8. Ολλανδία**

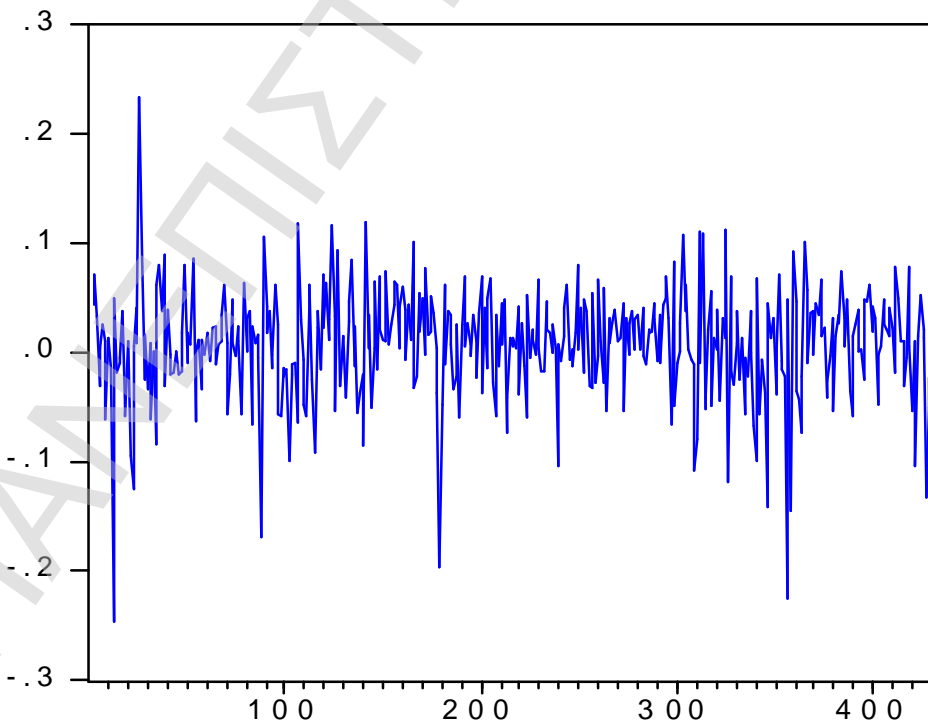
Διάγραμμα 18α

Total Market Index

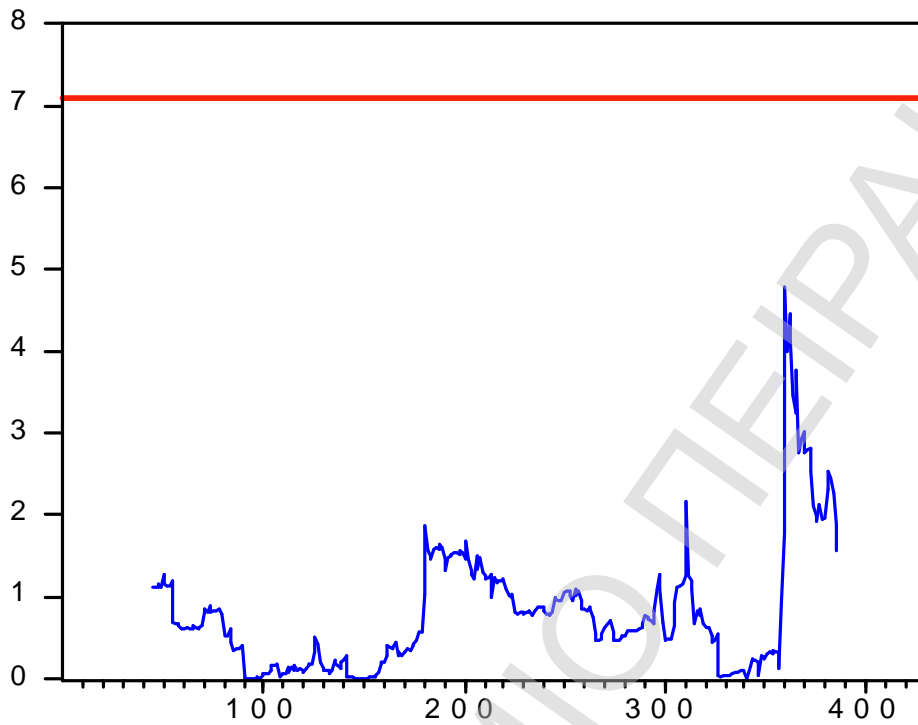


Διάγραμμα 18β

Total Market Return



Διάγραμμα 18γ  
Andrews test: Σύνολο Δείγματος



Πίνακας 14

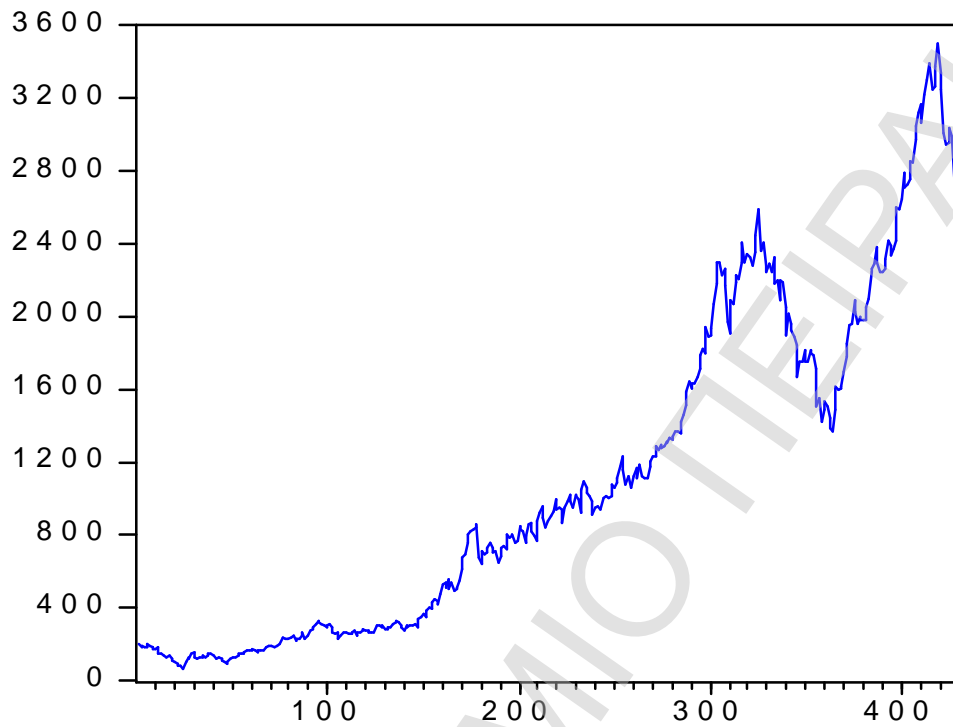
Περιγραφικά Στατιστικά για το σύνολο του δείγματος των αποδόσεων

Μέσος	0.7%
Τυπική Απόκλιση	0.05
$H_0: \rho=1$ (Unit Root Test)	Απορρίπτουμε $H_0$
Sup F statistic	<b>4.78 &lt; 7.1</b>

## 9. Ηνωμένο Βασίλειο

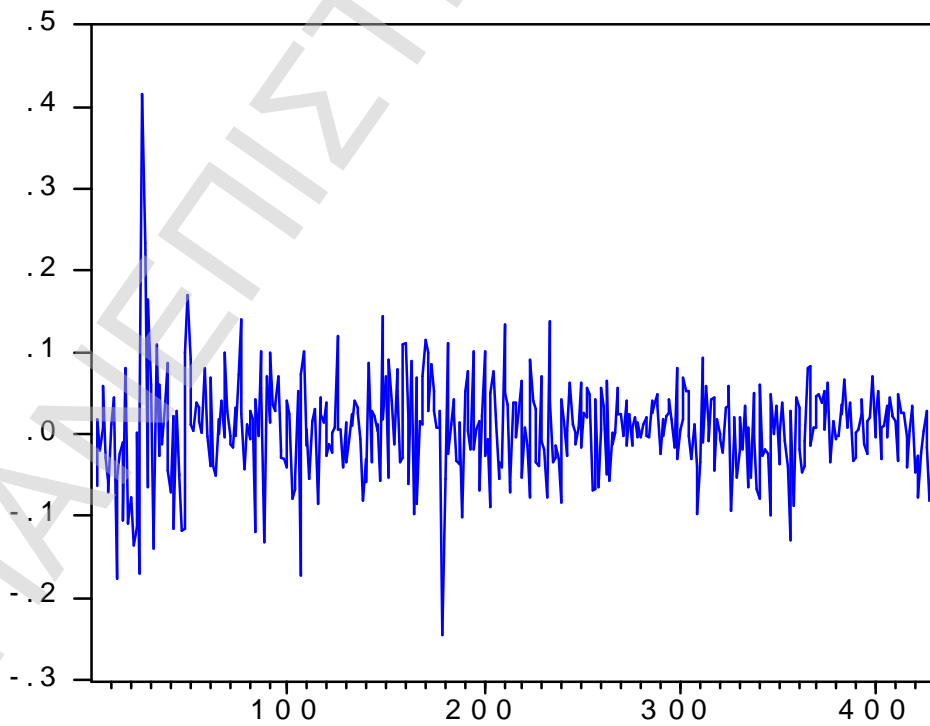
Διάγραμμα 19α

Total Market Index

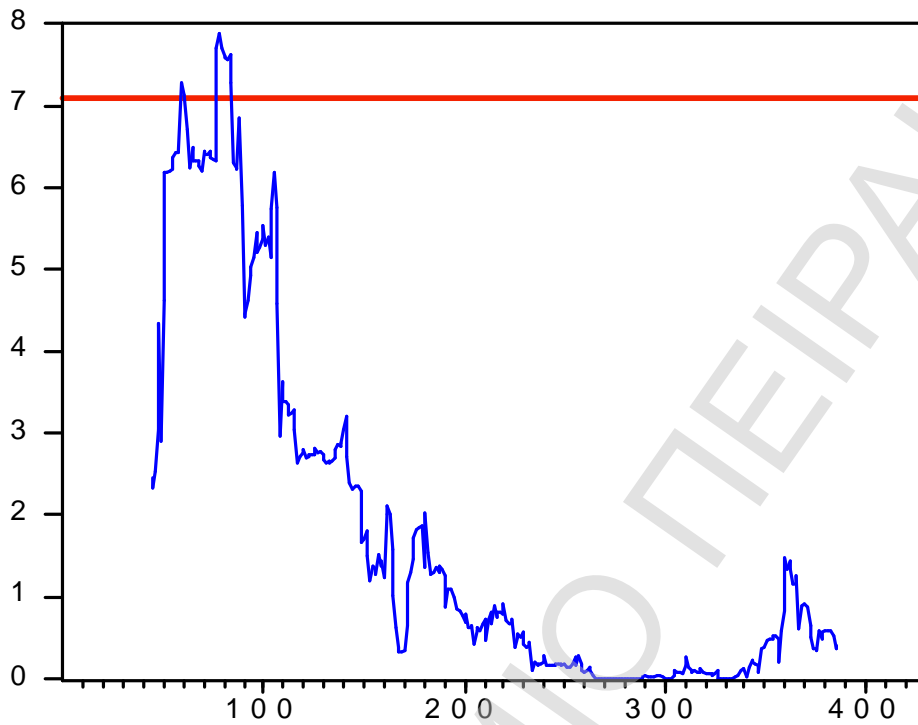


Διάγραμμα 19β

Total Market Return



Διάγραμμα 19γ  
 Andrews test: Σύνολο Δείγματος



Πίνακας 15

Περιγραφικά Στατιστικά για το σύνολο του δείγματος των αποδόσεων

Μέσος	0.6%
Τυπική Απόκλιση	0.06
$H_0: \rho=1$ (Unit Root Test)	Απορρίπτουμε $H_0$
Sup F statistic	<b>7.87 &gt; 7.1</b>

### 3.2.2 Έλεγχος για την υπέρξη πολλών απότομων αλλαγών σε ευρωπαϊκές χρηματιστηριακές αγορές που βρέθηκε ήδη μία απότομη αλλαγή.

#### Ø Περίπτωση Αυστρίας

Έλεγχος για:

Πρώτη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος σε όλο το δείγμα

- Sup F statistic :  $16.23 > 7.1$  Απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας
- $\hat{t}_{break}$  = Ιούνιος 1985

Δεύτερη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος στο δείγμα: Ιανουάριος 1973-Ιούνιος 1985

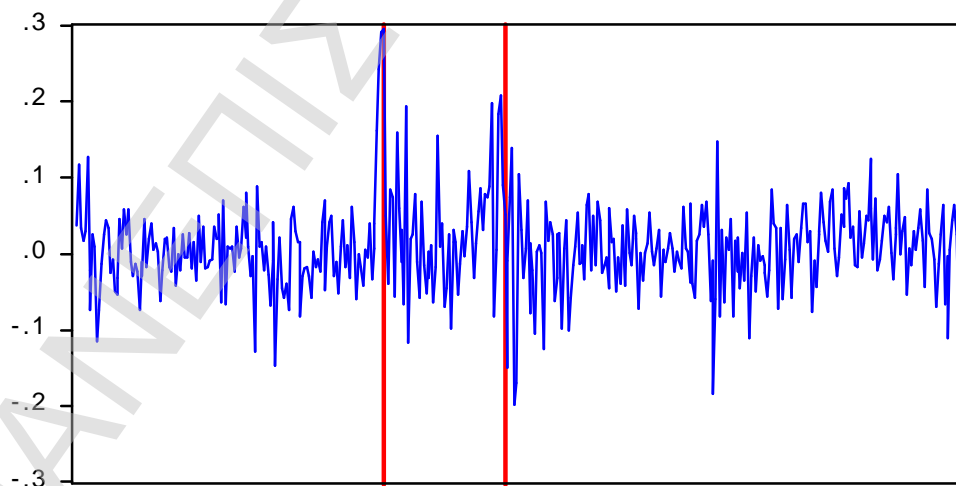
- Sup F statistic :  $4.76 < 7.1$  Δεν απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας

Δεύτερη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος στο δείγμα: Ιούνιος 1985–Σεπτέμβριος 2008

- Sup F statistic :  $8.45 > 7.1$  Απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας
- $\hat{t}_{break}$  = Απρίλιος 1990

Στο παρακάτω διάγραμμα, εμφανίζονται τα σημεία στα οποία εντοπίσαμε τις απότομες αλλαγές:

Διάγραμμα 21



Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται ως επιβεβαίωση των παραπάνω αποτελεσμάτων οι εκτιμήσεις του συντελεστή  $\rho$  για τις παραπάνω περιόδους όπου όπως παρατηρούμε διαφέρουν σημαντικά:

Πίνακας 16α

Περίοδος εκτίμησης: Ιανουάριος 1973 – Ιούνιος 1985

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
R1(-1)	0.281126	0.114985	2.444895	0.0175
R-squared	-0.062347	Mean dependent var		0.033548
Adjusted R-squared	-0.062347	S.D. dependent var		0.081625
S.E. of regression	0.084131	Akaike info criterion		-2.096068

Πίνακας 16β

Περίοδος εκτίμησης: Ιούνιος 1985 – Απρίλιος 1990

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
R1(-1)	0.498656	0.080361	6.205181	0.0000
R-squared	0.200945	Mean dependent var		0.005402
Adjusted R-squared	0.200945	S.D. dependent var		0.059299
S.E. of regression	0.053007	Akaike info criterion		-3.030055

Πίνακας 16γ

Περίοδος εκτίμησης: Απρίλιος 1990 – Σεπτέμβριος 2008

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
R1(-1)	0.039793	0.067505	0.589480	0.5561
R-squared	-0.004040	Mean dependent var		0.004025
Adjusted R-squared	-0.004040	S.D. dependent var		0.053787
S.E. of regression	0.053895	Akaike info criterion		-2.999035

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφέρουμε ότι, στην επίσημη ιστοσελίδα του αυστριακού χρηματιστηρίου υπάρχει η ιστορία του όπου αναφέρονται χαρακτηριστικά τα παρακάτω δύο γεγονότα τα οποία μπορούμε να τα συνδέσουμε με τις παραπάνω απότομες αλλαγές στο  $\rho$ : Το 1985 ένας αμερικάνος επενδυτής έκανε μία δήλωση για τις επιχειρηματικές δυνατότητες της αυστριακής αγοράς και πυροδότησε μία άνθηση στο χρηματιστήριο από την αύξηση των κεφαλαίων σε αυτό, ενώ το 1990 άλλαξε τόσο το σύστημα συναλλαγών (έγινε ηλεκτρονικό) ενώ παράλληλα έγινε πολύ πιο αυστηρή η νομοθεσία για τις μετοχές στο χρηματιστήριο.



## Ø Περίπτωση Βελγίου

Έλεγχος για:

Πρώτη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος σε όλο το δείγμα

- Sup F statistic :  $7.65 > 7.1$  Απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας
- $\hat{t}_{break} = \text{Νοέμβριος 2002}$

Δεύτερη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος στο δείγμα: Ιανουάριος 1973-Νοέμβριος 2002

- Sup F statistic :  $2.44 < 7.1$  Δεν απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας

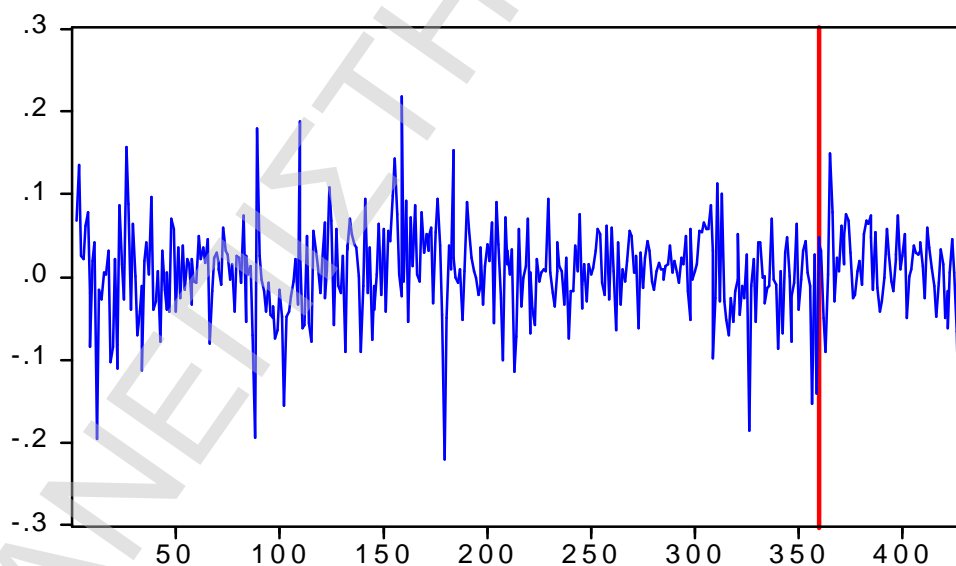
Δεύτερη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος στο δείγμα:

Νοέμβριος 2002–Σεπτέμβριος 2008

- Sup F statistic :  $3.23 > 7.1$  Δεν απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας

Στο παρακάτω διάγραμμα, εμφανίζονται το σημείο στα οποίο εντοπίσαμε την απότομη αλλαγή:

Διάγραμμα 21



Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται ως επιβεβαίωση των παραπάνω αποτελεσμάτων οι εκτιμήσεις του συντελεστή  $\rho$  για τις παραπάνω περιόδους όπου όπως παρατηρούμε διαφέρουν σημαντικά:

### Πίνακας 17α

Περίοδος εκτίμησης: Ιανουάριος 1973 – Νοέμβριος 2002

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
R2(-1)	0.049895	0.052879	0.943566	0.3460
R-squared	-0.005343	Mean dependent var		0.004967
Adjusted R-squared	-0.005343	S.D. dependent var		0.056110
S.E. of regression	0.056259	Akaike info criterion		-2.914891

### Πίνακας 17β

Περίοδος εκτίμησης: Νοέμβριος 2002 – Σεπτέμβριος 2008

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
R2(-1)	0.447838	0.106759	4.194847	0.0001
R-squared	0.153073	Mean dependent var		0.011676
Adjusted R-squared	0.153073	S.D. dependent var		0.046884
S.E. of regression	0.043147	Akaike info criterion		-3.434228

Σαν ιστορικό γεγονός, που να δικαιολογεί αυτό το structural break στις αποδόσεις στην αγορά του Βελγίου, μπορούμε να λάβουμε υπόψη το ότι το 2001, μετά από δύο αιώνες λειτουργίας, το χρηματιστήριο των Βρυξελλών έπαψε να υφίσταται ως αυτόνομος οργανισμός και μαζί με τη Δανία και τη Γαλλία σχημάτισαν μία νέα χρηματιστηριακή αγορά τη Euronext.

## Ø Περίπτωση Ιταλίας

Έλεγχος για:

Πρώτη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος σε όλο το δείγμα

- Sup F statistic :  $7.63 > 7.1$  Απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας
- $\hat{t}_{break} = \text{Σεπτέμβριος } 1986$

Δεύτερη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος στο δείγμα:

Ιανουάριος 1973 - Σεπτέμβριος 1986

- Sup F statistic :  $10.17 > 7.1$  Απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας
- $\hat{t}_{break} = \text{Σεπτέμβριος } 1984$

Τρίτη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος στο δείγμα:

Σεπτέμβριος 1984 - Σεπτέμβριος 1986

- Sup F statistic :  $5.90 < 7.1$  Δεν απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας

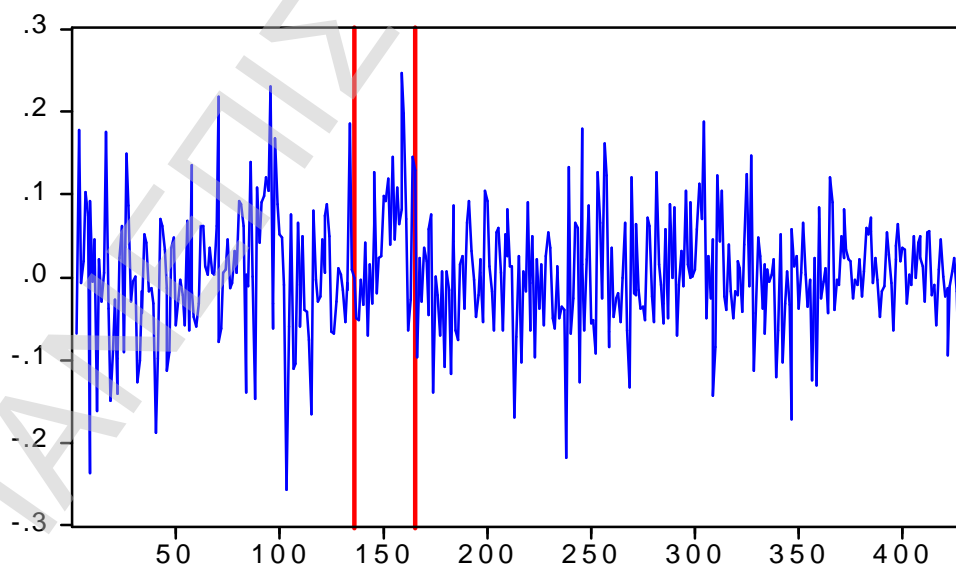
Τρίτη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος στο δείγμα:

Σεπτέμβριος 1986 - Σεπτέμβριος 2008

- Sup F statistic :  $6.09 < 7.1$  Δεν απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας

Στο παρακάτω διάγραμμα, εμφανίζονται το σημείο στα οποίο εντοπίσαμε την απότομη αλλαγή:

Διάγραμμα 22



Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται ως επιβεβαίωση των παραπάνω αποτελεσμάτων οι εκτιμήσεις του συντελεστή  $\rho$  για τις παραπάνω περιόδους όπου όπως παρατηρούμε διαφέρουν σημαντικά:

Πίνακας 18α

Περίοδος εκτίμησης: Ιανουάριος 1973 – Σεπτέμβριος 1984

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
R7(-1)	0.089943	0.086155	1.043970	0.2984
R-squared	0.007479	Mean dependent var		0.002170
Adjusted R-squared	0.007479	S.D. dependent var		0.085135
S.E. of regression	0.084816	Akaike info criterion		-2.089236

Πίνακας 18β

Περίοδος εκτίμησης: Σεπτέμβριος 1984 – Σεπτέμβριος 1986

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
R7(-1)	0.619239	0.153511	4.033849	0.0004
R-squared	0.088647	Mean dependent var		0.051160
Adjusted R-squared	0.088647	S.D. dependent var		0.080033
S.E. of regression	0.076403	Akaike info criterion		-2.272825

Πίνακας 18γ

Περίοδος εκτίμησης: Σεπτέμβριος 1986 – Σεπτέμβριος 2008

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
R7(-1)	-0.067592	0.061081	-1.106593	0.2695
R-squared	0.003657	Mean dependent var		0.001977
Adjusted R-squared	0.003657	S.D. dependent var		0.063212
S.E. of regression	0.063096	Akaike info criterion		-2.684532

Στην περίπτωση της Ιταλίας η μόνη αναφορά που μπορέσαμε να εντοπίσουμε που να δικαιολογεί μία απότομη δομική αλλαγή στο μοντέλο μας κόντα στη μία χρονική περίοδο που εκτιμήσαμε, είναι ότι το 1987 υπήρξε μεγάλη κρίση στα διεθνή χρηματιστήρια που συνδυάστηκε όμως με μεγάλη αποτυχία των επενδυτικών ομίλων στις επενδυτικές τους αποφάσεις.

## Ø Περίπτωση Ηνωμένου Βασιλείου

Έλεγχος για:

Πρώτη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος σε όλο το δείγμα

- Sup F statistic :  $7.87 > 7.1$  Απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας
- $\hat{t}_{break} = \text{Μάιος 1979}$

Δεύτερη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος στο δείγμα Ιανουάριος 1973-Μάιος 1979

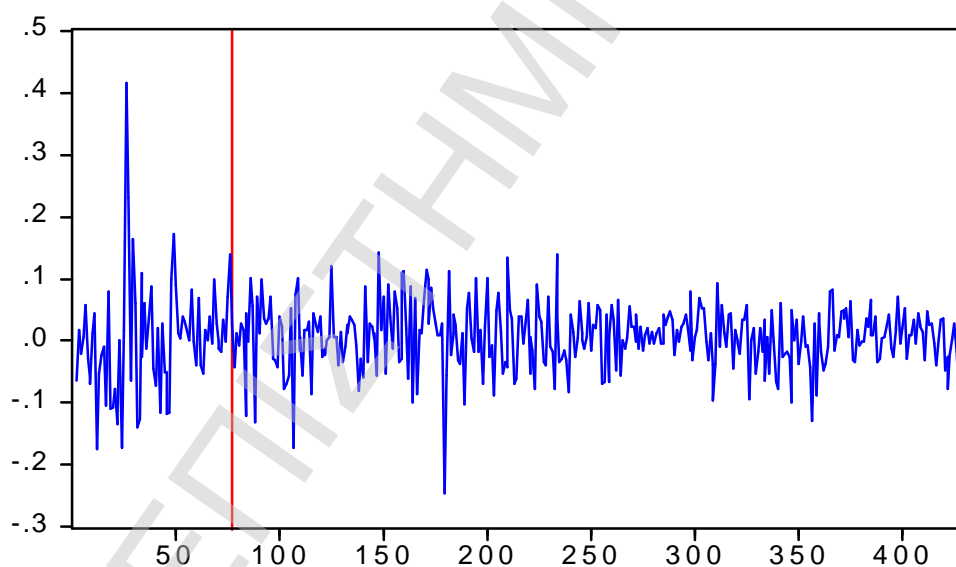
- Sup F statistic :  $1.88 < 7.1$  Δεν απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας

Δεύτερη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος στο δείγμα: Μάιος 1979- Σεπτέμβριος 1986

- Sup F statistic :  $4.79 < 7.1$  Δεν απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας

Στο παρακάτω διάγραμμα, εμφανίζονται το σημείο στα οποίο εντοπίσαμε την απότομη αλλαγή:

Διάγραμμα 23



Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται ως επιβεβαίωση των παραπάνω αποτελεσμάτων οι εκτιμήσεις του συντελεστή  $\rho$  για τις παραπάνω περιόδους όπου όπως παρατηρούμε διαφέρουν σημαντικά:

### Πίνακας 19α

Περίοδος εκτίμησης: Ιανουάριος 1973 – Μάιος 1979

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
R9(-1)	0.255729	0.112075	2.281771	0.0254
R-squared	0.064455	Mean dependent var		0.003431
Adjusted R-squared	0.064455	S.D. dependent var		0.093410
S.E. of regression	0.090349	Akaike info criterion		-1.957022

### Πίνακας 19β

Περίοδος εκτίμησης: Μάιος 1979– Σεπτέμβριος 2008

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
R9(-1)	-0.012323	0.052795	-0.233404	0.8156
R-squared	-0.017849	Mean dependent var		0.006752
Adjusted R-squared	-0.017849	S.D. dependent var		0.050389
S.E. of regression	0.050837	Akaike info criterion		-3.117554

Όσο αφορά την περίπτωση της Αγγλίας, είναι γνωστό ιστορικά ότι το 1979 η τότε πρωθυπουργός Μαργκαρετ Θάτσερ, ανακοίνωσε και εφάρμοσε πολύ περιοριστική νομισματική πολιτική, αλλάζοντας τη χρηματοοικονομική πραγματικότητα του Ηνωμένου Βασιλείου, εκείνη την περίοδο.

### 3.2.3 Έλεγχος για την ύπαρξη απότομων αλλαγών σε ευρωπαϊκές χρηματιστηριακές αγορές με ημερήσια στοιχεία.

Την ανάλυση της παραπάνω ενότητας την εφαρμόσαμε για τις ίδιες χώρες και για ημερήσια στοιχεία. Αυτό που αναμέναμε και επιβεβαιώθηκε από τα αποτελέσματα μας, είναι ο εντοπισμός περισσότερων περιπτώσεων απότομων αλλαγών στο μοντέλο που έχουμε υιοθετήσει για την περιγραφή των χρηματιστηριακών αποδόσεων. Ο λόγος που αναμέναμε να έχουμε περισσότερες απότομες αλλαγές στα ημερήσια στοιχεία σε σχέση με τα μηνιαία, είναι ότι οι μηνιαίες παρατηρήσεις εξομαλύνουν την όποια συμπεριφορά και παρουσιάζουν το μέσο όρο με αποτέλεσμα η ανίχνευση για αλλαγή συμπεριφοράς να γίνεται πιο δύσκολη. Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά απευθείας τα αποτελέσματα για κάθε χώρα στην οποία βρήκαμε ότι υπήρξαν απότομες αλλαγές στον τρόπο που εξελίσσονται οι αποδόσεις.

#### 1. Αυστρία

Starting Period	Ending Period	Sup F statistic	Estimated Break Point
28/07/1980	09/10/1985	47.19084	30/06/1981
28/07/1980	25/10/1989	11.27133	09/10/1985
09/10/1985	25/10/1989	15.8677	23/05/1986
23/05/1986	25/10/1989	15.49355	06/05/1987
28/07/1980	10/01/1992	32.29028	25/10/1989
25/10/1989	10/01/1992	7.968976	08/01/1991
28/07/1980	28/07/2008	72.79843	10/01/1992

#### 2. Βέλγιο

Starting Period	Ending Period	Sup F statistic	Estimated Break Point
28/07/1980	28/07/2008	9.368936	19/09/1995
03/05/1994	28/07/2008	24.62408	17/03/2003

#### 3. Δανία

Starting Period	Ending Period	Sup F statistic	Estimated Break Point
28/07/1980	24/07/2002	7.994019	15/11/1983
28/07/1980	28/07/2008	12.1259	24/07/2002

#### 4. Γαλλία

Starting Period	Ending Period	Sup F statistic	Estimated Break Point
28/07/1980	16/08/1982	22.64318	30/03/1982
28/07/1980	04/07/1986	10.00805	16/08/1982
16/08/1982	04/07/1986	17.45039	22/07/1985
28/07/1980	28/07/2008	26.10693	04/07/1986
04/07/1986	28/07/2008	10.74263	11/10/2002

#### 5. Ιταλία

Starting Period	Ending Period	Sup F statistic	Estimated Break Point
28/07/1980	28/07/2008	28.67084	27/04/1998

#### 6. Ηνωμένο Βασίλειο

Starting Period	Ending Period	Sup F statistic	Estimated Break Point
28/07/1980	28/07/2008	44.81768	24/07/2002
24/07/2002	10/08/2007	9.177226	04/06/2003
24/07/2002	28/07/2008	7.785008	10/08/2007

#### 7. Ολλανδία

Starting Period	Ending Period	Sup F statistic	Estimated Break Point
28/07/1980	20/10/1987	36.26379	10/09/1986
10/09/1986	20/10/1987	28.23356	17/08/1987
28/07/1980	17/07/1997	14.04778	20/10/1987
20/10/1987	17/07/1997	9.668535	17/10/1989
28/07/1980	28/07/2008	11.36814	17/07/1997
17/07/1997	28/07/2008	14.60405	24/07/2002

Όπως παρατηρούμε όχι μόνο εντοπίσαμε περισσότερα structural breaks αλλά και σε περισσότερες αγορές αυτήν την φορά. Στο πίνακα που ακολουθεί έχουμε συγκεντρώσει τις χρονιές στις οποίες εντοπίσαμε ότι υπάρχουν απότομες αλλαγές και παράλληλα είχαμε τη δυνατότητα μέσα από τη βιβλιογραφία να τις δικαιολογήσουμε με κάποιο συγκεκριμένο ιστορικό γεγονός:



Πίνακας

Year	Number of Breaks	Countries	Possible Cause
1981	1	Austria (1/1)	New stocks were freshly listed on the exchange after 21 years without any new issues.
1982	2	France (2/2)	Francois Mitterand was elected President of France, and fears over having a socialist President sent stocks tumbling, producing a national stock market shock.
1985	2	Austria (1/2), France (1/2)	Austria: An American analyst triggered a stock market boom by pointing out the enormous potential of the Austrian capital market
1987	3	Austria (1/3), Netherlands (2/3)	Black Monday - the Stock Market Crash of 1987
1989	2	Austria (1/2), Netherlands (1/2)	Austria: Introduction of the electronic trading system (PATS) and a new Stock Exchange Act
1995	1	Belgium (1/1)	European financial intermediaries and bankers can operate Europe-wide – into Belgian law. An independent management committee was set up to administer and supervise the securities markets.
1997	1	Netherlands (1/1)	Amsterdam Stock Exchange Association and the European Options Exchange merged in 1997
1998	1	Italy (1/1)	In 1998 the Italian Stock Exchange completed its privatisation process
2002	4	Denmark (1/4), France (1/4), UK (1/4), Netherlands (1/4)	Accounting scandals (Enron, WorldCom), dot-com bubble, the September 11th attacks
2007	1	UK (1/1)	Subprime mortgage crisis - Collapse of a housing bubble

Στην πρώτη στήλη αναφέρεται το έτος, στη δεύτερη ο αριθμός των structural breaks που εκτιμήσαμε μέσα σε αυτό το έτος, ακολουθούν οι αγορές στις οποίες βρέθηκαν και τέλος στην τελευταία στήλη αναφέρονται ιστορικά γεγονότα τα οποία «ταυτίζονται» χρονικά με τις περιόδους όπου εκτιμήσαμε ότι συνέβησαν οι απότομες αλλαγές. Τα γεγονότα αυτά θα μπορούσαμε να τα διακρίνουμε σε διεθνείς κρίσεις (θαλασσί χρώμα), δομικές ή νομοθετικές αλλαγές στην χρηματιστηριακή αγορά ( μπλε χρώμα) και τέλος «ψυχολογικές» αιτίες (πράσινο χρώμα).

### 3.3 Έλεγχος για την ύπαρξη πολλών απότομων αλλαγών στην αναμενόμενη απόδοση του ελληνικού χρηματιστηρίου για την περίοδο 2000-2008

Στην περίπτωση του ελληνικού χρηματιστηρίου θελήσαμε να ελέγξουμε την επιτυχία ή όχι που θα είχε η εξής στρατηγική: όταν η αναμενόμενη απόδοση του δείκτη είναι θετική τότε παίρνουμε θέση στην αγορά ( Long position) ενώ όταν η αναμενόμενη απόδοση του δείκτη είναι αρνητική βγαίνουμε τελείως από την αγορά. Ο καθορισμός της αναμενόμενης τιμής γίνεται απλά με ένα γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης με μία σταθερά:

$$r_t = c + u_t$$

οπότε  $E(r_t)=c$ .

Με τον εντοπισμό των structural breaks, ελπίζουμε να βρούμε σημεία στα οποία η σταθερά  $c$  για κάποια περίοδο εκτιμάται θετική ενώ για κάποιες άλλες αρνητική. Το ερώτημα είναι το εξής: αν κάποιος μπορούσε να ξέρει τα σημεία που συμβαίνουν τα structural breaks, εφόσον πρώτα δείξουμε ότι όντως συμβαίνουν, θα είχε σωστό σήμα για το πότε να συμμετέχει στην αγορά και πότε όχι;

Η διαδικασία που ακολουθήσαμε για τον εντοπισμό αυτών των σημείων είναι ο ίδιος που έχουμε εφαρμόσει μέχρι στιγμής. Ξεκινάμε ελέγχοντας όλο το δείγμα για την ύπαρξη απότομης αλλαγής στη σταθερά του μοντέλου:

*Πρώτη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος σε όλο το δείγμα*

- Sup F statistic : 10.14 > 7.1 Απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας
- $\hat{t}_{break} = 16/04/2007$

*Δεύτερη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος στο δείγμα: 01/01/2000-16/04/2007*

- Sup F statistic : 22.08 > 7.1 Απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας
- $\hat{t}_{break} = 31/03/2003$

*Τρίτη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος στο δείγμα: 16/04/2007-01/09/2008*

- Sup F statistic : 5.47 < 7.1 Δεν απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας

*Τρίτη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος στο δείγμα: 01/01/2000-31/03/2003*

- Sup F statistic : 3.14 < 7.1 Δεν απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας

Τρίτη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος στο δείγμα: 31/03/2003-16/04/2007

- Sup F statistic : 8.28 > 7.1 Απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας
- $\hat{t}_{break} = 12/01/2004$

Τέταρτη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος στο δείγμα 31/03/2003-12/01/2004

- Sup F statistic : 3.94 < 7.1 Δεν απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας

Τέταρτη πιθανή απότομη αλλαγή: Έλεγχος στο δείγμα 12/01/2004-16/04/2007

- Sup F statistic : 5.08 < 7.1 Δεν απορρίπτω υπόθεση στασιμότητας

Επομένως μπορούμε να πούμε ότι εντοπισαμε τρία σημεία στα οποία η σταθερά, ή αλλιώς η αναμενόμενη απόδοση του ελληνικού χρηματιστηρίου μεταβάλλεται. Για να δούμε πώς εκτιμήσαμε τις παρακάτω παλινδρομήσεις:

Πίνακας 20α

Περίοδος εκτίμησης: 01/01/2000-31/03/2003

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.007016	0.002689	-2.608748	0.0099
R-squared	0.000000	Mean dependent var		-0.007016
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var		0.033819
S.E. of regression	0.033819	Akaike info criterion		-3.929735

Πίνακας 20β

Περίοδος εκτίμησης: 31/03/2003- 12/01/2004

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.014714	0.004132	3.560779	0.0010
R-squared	0.000000	Mean dependent var		0.014714
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var		0.022438
S.E. of regression	0.022438	Akaike info criterion		-4.732619

### Πίνακας 20γ

Περίοδος εκτίμησης: 12/01/2004-16/04/2007

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.004221	0.001918	2.200707	0.0291
R-squared	0.000000	Mean dependent var		0.004221
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var		0.020829
S.E. of regression	0.020829	Akaike info criterion		-4.899053

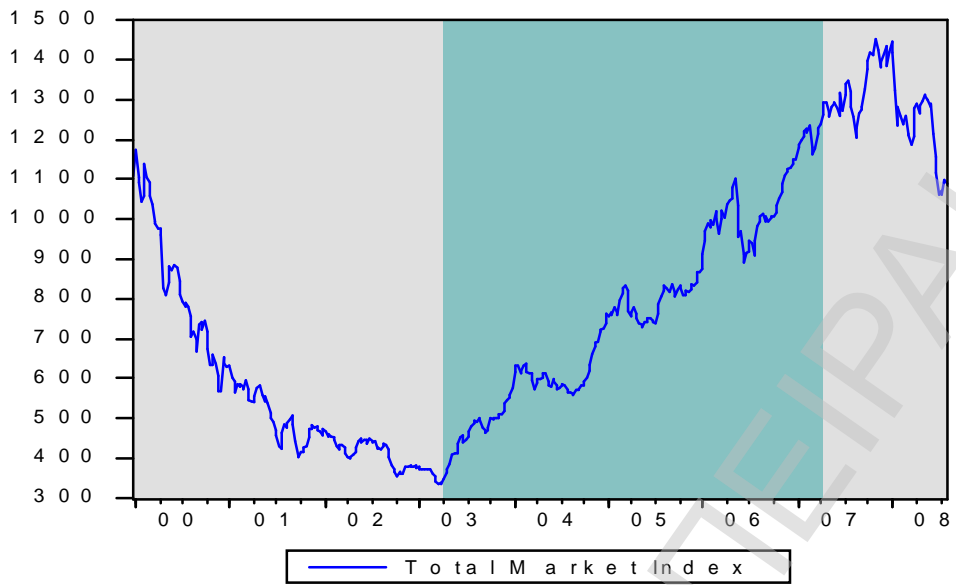
### Πίνακας 20δ

Περίοδος εκτίμησης: Ιανουάριος 16/04/2007-01/09/2008

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.229389	0.369340	-0.621078	0.5367
R-squared	0.000000	Mean dependent var		-0.229389
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var		2.531685
S.E. of regression	2.531685	Akaike info criterion		4.710244

Όπως βλέπουμε την περίοδο 01/01/2000-31/03/2003 καθώς και την περίοδο 16/04/2007-01/09/2008 η εκτιμώμενη αναμενόμενη τιμή βρίσκεται αρνητική άρα σύμφωνα με τη στρατηγική μας πρέπει να μην είχαμε επενδύσει αυτές τις περιόδους στο ελληνικό χρηματιστήριο. Αντίθετα την περίοδο 31/03/2003-16/04/2007 βρίσκουμε θετική τη σταθερά, οπότε πρέπει να επενδύσουμε στην αγορά. Στο παρακάτω διάγραμμα, εμφανίζονται οι Sell (γκρι χρώμα) και Buy (χακί χρώμα) περίοδοι σύμφωνα με τα structural breaks που εντοπίσαμε και βλέπουμε ότι αν κάποιος ήταν σε θέση να προβλέψει σε ένα βαθμό αυτά τα σημεία, θα έβγαине σίγουρα κερδισμένος:

Διάγραμμα 24



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

## 4. Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή εφαρμόσαμε μία σειρά από διαγνωστικούς ελέγχους και μεθόδους εκτίμησης των λεγόμενων structural breaks σε αποδόσεις ευρωπαϊκών χρηματιστηρίων. Με τη βοήθεια ενός Monte Carlo πειράματος δείξαμε κατευθείαν πώς οι μεθοδολογίες που προτείνει η βιβλιογραφία λειτουργούν για να παράγουν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Στη συνέχεια σε μια σειρά από ευρωπαϊκά χρηματιστήρια, ανάμεσα τους και η Ελλάδα, εντοπίσαμε ότι υπάρχουν απότομες αλλαγές στις σειρές που εξετάζουμε. Το βασικό ερώτημα που θα πρέπει όμως να απασχολήσει όποιον ασχολείται με απότομες αλλαγές είναι το εξής: Είμαστε σίγουροι σε κάποιο ποσοστό ότι δεν υπάρχουν απότομες αλλαγές τις οποίες οι έλεγχοι που χρησιμοποιήσαμε δεν τις εντόπισαν;

Η βασικότερη υπόθεση που έχουμε κάνει καθόλη τη διάρκεια που εφαρμόσαμε την παραπάνω μεθοδολογία και η οποία βοηθά να απαντήσουμε αποφαστικά την παραπάνω ερώτηση είναι ότι το μοντέλο που έχουμε επιλέξει είναι όχι μόνο το σωστό για να περιγράψουμε τη στοχαστική ανέλιξη που μας ενδιαφέρει αλλά παράλληλα και ότι αυτό και μόνο αυτό είναι το κατάλληλο μοντέλο. Για παράδειγμα μοντελοποιήσαμε τις αποδόσεις της Αυστρίας με ένα αυτοπαλίνδρομο μοντέλο μηδενικού μέσου πρώτης τάξης και βρήκαμε ότι κάποιες περιόδους το  $\rho$  αλλάζει και ονομάσαμε τα σημεία που συμβαίνει αυτή η αλλαγή structural break dates. Όμως οι έλεγχοι που εξετάσαμε δεν μας μιλάνε για structural break όχι όμως σε κάποια παράμετρο του μοντέλου αλλά στο ίδιο το μοντέλο.

Με βάση αυτό το δεδομένο, ένα βήμα προκειμένου να επεκταθεί η βιβλιογραφία, θα ήταν χρήσιμο κάποιος να ασχοληθεί με μία μόνο αγορά και να εφαρμόσει την παραπάνω μεθοδολογία με μία σειρά από προτεινόμενα μοντέλα, να εκτιμήσει για καθένα από αυτά τα πιθανά break points. Έπειτα στη συνέχεια να εφαρμόσει μια επαγωγική διαδικασία απόρριψης μοντέλων τα οποία είτε δεν είναι στατιστικά σημαντικά είτε επειδή υστερούν στην ερμηνευτική ικανότητα σε σχέση με κάποια άλλα. Στο τέλος θα μπορεί να συνθέσει μια εικόνα πολύ πιο αντιπροσωπευτική και πιο χρήσιμη για το πώς μπορεί να ερμηνευτεί στατιστικά η εξέλιξη μίας τυχαίας στοχαστικής ανέλιξης.

## Βιβλιογραφία

1. Bruce E. Hansen (2001) The new econometrics of structural change: Dating Breaks in U.S. Labor Productivity.
2. Andrews Donald W.K. (1993) Tests for Parameter Instability and Structural Change with Unknown Change Point.
3. Bai Jushan (1997a) Estimation of a change point in multiple regression models.
4. Bai Jushan (1997b) Estimating multiple breaks one at a time
5. Chow Gregory (1960) Tests of equality between sets of coefficients in two linear regressions.
6. Quandt Richard (1960) Tests of the hypothesis that a linear regression obeys two separate regimes.
7. Nieuwerburgh, Stijn Van, Buelens, Frans ,Cuyvers, Ludo (2006) Stock market development and economic growth in Belgium.
8. Fabio Fornari (1993) Estimating Variability in the Italian Stock Market: An ARCH Approach
9. History of Wiener Borse (2006)
10. Sidika Basci, Erdem Basci, Asad Zaman A Method for Detecting Structural Breaks and an Application to the Turkish Stock Market
11. Bryan Taylor, GFD Guide to Best and Worst Investment Periods
12. Yuliya Demyanyk, Otto Van Hemert Understanding the Subprime Mortgage Crisis
13. The Wall Street Journal Online, Looking Back at Black Monday
14. Integration platform of the exchanges of Bruxelles, Paris, and Amsterdam [www.euronext.com](http://www.euronext.com)
15. Marc Hodak, The Enron Scandal, Organizational Behavior Research Center Papers
16. Bruce Hansen, the New Econometrics of Structural Change: Dating Brakes in U.S. Labour Productivity
17. Pedro Bacao, The Performance of Structural Change Tests
18. Terence Tai-Leung Chong, Structural Change in AR(1) Models