

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΙΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ

**ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ
ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ
ΑΓΟΡΑΣ – Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ
ΑΝΕΠΤΥΓΜΕΝΩΝ ΚΑΙ
ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΩΝ ΑΓΟΡΩΝ**

Γεώργιος Ι. Θεοδοσίου

Διπλωματική Εργασία

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Στατιστικής και Ασφαλιστικής Επιστήμης του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην Εφαρμοσμένη Στατιστική

Πειραιάς

Ιούνιος 2015

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίσθηκε από τη ΓΣΕΣ του Τμήματος Στατιστικής και Ασφαλιστικής Επιστήμης του Πανεπιστημίου Πειραιώς στην υπ' αριθμ. συνεδρίασή του σύμφωνα με τον Εσωτερικό Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Εφαρμοσμένη Στατιστική

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Μ. Γκλεζάκος(Επιβλέπων)
- Γ. Διακογιάννης
- Κ. Τσίμπος

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Στατιστικής και Ασφαλιστικής Επιστήμης του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμών του συγγραφέα.

UNIVERSITY OF PIRAEUS



DEPARTMENT OF STATISTICS

AND INSURANCE SCIENCE

POSTGRADUATE PROGRAM IN

APPLIED STATISTICS

**VOLATILITY FORECASTING, UNDER
VARYING MARKET CONDITIONS - THE
CASE OF DEVELOPED AND DEVELOPING
MARKETS**

By

George I. Theodosiou

MSc Dissertation

submitted to the Department of Statistics and Insurance
Science of the University of Piraeus in partial fulfilment
of the requirements for the degree of Master of Science
in Applied Statistics

Piraeus, Greece

June 2015

Στους γονείς μου

Μάκη και Ζωή

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Μιχαήλ Γκλεζάκο για την πολύτιμη βοήθεια και τις συμβουλές σε όλη την διάρκεια της παρούσας εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου Μάκη και Ζωή. Χωρίς την στήριξη τους δεν θα ήταν εφικτή η ολοκλήρωση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η πρόβλεψη της μεταβλητότητας των τιμών κλεισίματος από 7 διαφορετικές χώρες. Στο πλαίσιο αυτό οι σημαντικότερες από τις μεθοδολογίες πρόβλεψης που έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν αναλύονται και αξιολογούνται. Στη πορεία, μερικές από τις προαναφερθείσες μεθοδολογίες χρησιμοποιούνται και εφαρμόζονται σε 7 διαφορετικές χρηματιστηριακές αγορές για 3 διαφορετικές υποπεριόδους από το 2000-2010, οι οποίες έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά μεταξύ τους.

Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν ότι από τα απλά υποδείγματα, ο κινητός μέσος όρος και από τα σύνθετα ARCH-GARCH μοντέλα, τα EGARCH(1,1) και TARARCH(1,1), είναι εκείνα που οδηγούν σε αποτελεσματικότερη εκτίμηση της μεταβλητότητας των τιμών κλεισίματος.

ABSTRACT

The objective of this study is the forecast of financial market volatility of 7 different countries. In this context, the most frequently applied methods in the relevant previous literature were presented and appraised. After that, some of the above methodologies were applied to the data of the 7 indices for the period 2000-2010. we split our data in 3 subperiods with different characteristics each one.

The results suggest that the Moving Average and the EGARCH(1,1) and TARCH(1,1) produce the most efficient results.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1	Σκοπός της εργασίας	1
---	---------------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Το Χρηματοοικονομικό Σύστημα

1	Εισαγωγή	2
2	Οι Επενδύσεις	3
3	Οι Χρηματοοικονομικές Επενδύσεις	4
3.1	Οι Βασικές Χρηματοοικονομικές Επενδύσεις	4
3.2	Οι Παράγωγες Χρηματοοικονομικές Επενδύσεις	6
3.2.1	Προθεσμιακά Συμβόλαια	6
3.2.2	Συμβόλαια Μελλοντικής Εκπλήρωσης	7
3.2.3	Προϊόντα Δανεισμού Τίτλων	8
3.2.4	Δικαιώματα Προαίρεσης	8
4	Τα Χρηματιστήρια Αξιών	9
5	Λειτουργία Χρηματιστηρίου	9
6	Χρηματιστήριο Παραγών Αθηνών (ΧΠΑ)	10
7	Ο Σκοπός και ο Ρόλος της Δημιουργίας του ΧΠΑ	10
8	Οι Τράπεζες	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Μεταβλητότητα – Κίνδυνος

1	Η Έννοια της Μεταβλητότητας	13
2	Ο Κίνδυνος	14
3	Είδη Κινδύνων	14
4	Συστηματικό – Μη Συστηματικός Κίνδυνος ενός Χαρτοφυλακίου	17
5	Το υπόδειγμα αποτίμησης Κεφαλαιουχικών Περιουσιακών Στοιχείων (CAPM)	19
6	Κριτική του CAPM – Αποτελέσματα εμπειρικών ερευνών	24

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

1	Επισκόπηση της σχετικής Βιβλιογραφίας	27
---	---------------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Μεθοδολογίες Μέτρησης Πρόβλεψης της Μεταβλητότητας

1	Εισαγωγή	32
2	Υποδείγματα Χρονολογικών Σειρών	33
2.1	Υποδείγματα Τυχαίου Περιπάτου	34
2.2	Υποδείγματα Ιστορικής Μέσης Τιμής	36
2.3	Υποδείγματα Κινητού Μέσου	36
2.4	Εκθετική Εξομάλυνση	36
2.5	Εκθετικός Σταθμικός Κινητός Μέσος	37
2.6	Παλινδρόμηση	38
2.6.1	Παραβίαση Κανονικότητας	39
2.6.2	Ετεροσκεδαστικότητα	40
2.6.3	Αυτοσυσχέτιση	40
2.6.4	Πολυσυγγραμικότητα	40
3	Αυτοπαλίνδρομα Υποδείγματα υπό Συνθήκη Ετεροσκεδαστικότητας	41
3.1	Υποδείγματα ARCH – Ιδιότητες	42
3.1.1	Ορισμός Υποδειγμάτων ARCH	43
3.1.2.	Γενικευμένα Υποδείγματα GARCH	44
3.2	Μη γραμμικά Υποδείγματα	46
3.2.1	Το εκθετικό υπόδειγμα GARCH-EGARCH	47
3.2.2	Άλλα μη γραμμικά Υποδείγματα	48
3.3	Υποδείγματα Στοχαστικής Μεταβλητότητας	50
4	Γενικά Συμπεράσματα Παλαιότερων Ερευνών	51
5	Συμμετρικές Στατιστικές Συναρτήσεις Σφάλματος	51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Μεθοδολογία της Εργασίας και το Δείγμα

1	Μεθοδολογία της Παρούσας Εργασίας	54
2	Υπολογισμός Αποδόσεων	56
3	Υπολογισμός Μεταβλητότητας	56
4	Κριτήρια Αξιολόγησης των Απλών Υποδειγμάτων	58
5	Κριτήρια Αξιολόγησης Υποδειγμάτων ARCH-GARCH	58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Ανάλυση των Δεδομένων και ερμηνεία αποτελεσμάτων – Συμπεράσματα

1	Εισαγωγή	69
2	Γραφήματα Τιμών Κλεισίματος και Αποδόσεων	69
3	Περιγραφικά Μέτρα	71
4	Εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των κλασσικών μεθόδων πρόβλεψης της Μεταβλητότητας	73
5	Πρόβλεψη της Μεταβλητότητας με υποδείγματα ARCH-GARCH και η αξιολόγησή τους	76
6	Συμπεράσματα	81
	Βιβλιογραφία	82

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Σκοπός της Εργασίας

Η πρόβλεψη της μεταβλητότητας αποτελεί ένα σημαντικό θέμα απασχόλησης τόσο για τους ακαδημαϊκούς όσο και για τους επαγγελματίες στον χώρο των χρηματοοικονομικών. Αυτό προκύπτει από το γεγονός πως η γνώση της μεταβλητότητας βοηθάει στην λήψη μελλοντικών αποφάσεων για επενδύσεις.

Στην παρούσα εργασία θα επιχειρήσουμε την πρόβλεψη της μεταβλητότητας των τιμών κλεισίματος σε 7 διαφορετικούς χρηματιστηριακούς δείκτες, οι οποίοι περιλαμβάνουν το χρηματιστήριο της Νέας Υόρκης, της Ιαπωνίας, της Γερμανίας, του Βελγίου, του Ηνωμένου Βασιλείου, της Γαλλίας και της Ελλάδας. Η ανάλυση που γίνεται για την πρόβλεψη της μεταβλητότητας με τα σύνθετα υποδείγματα ARCH-GARCH πραγματοποιείται για 3 διαφορετικές περιόδους, οι οποίες έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά, ενώ για τα πιο απλά υποδείγματα γίνεται για κάθε έτος ξεχωριστά. Η παραπάνω ανάλυση εμφανίζεται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 7.

Το υπόλοιπο μέρος της εργασίας διαμορφώνεται ως εξής: Στο Κεφάλαιο 2 αναφερόμαστε στο χρηματοοικονομικό σύστημα και σε οτιδήποτε εντάσσεται μέσα σε αυτό. Στο Κεφάλαιο 3 αναλύουμε την έννοια της μεταβλητότητας, καθώς επίσης και τα είδη κινδύνου που αντιμετωπίζουν επενδυτές και επιχειρήσεις. Στο Κεφάλαιο 4 έχουμε μια σύντομη επισκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας σχετικά με την πρόβλεψη της χρηματιστηριακής μεταβλητότητας. Στο Κεφάλαιο 5 παρατίθενται οι κυριότερες μέθοδοι για την πρόβλεψη της μεταβλητότητας και γενικά συμπεράσματα παλαιότερων ερευνών. Στο Κεφάλαιο 6 αναφερόμαστε στις μεθοδολογίες με τις οποίες πραγματοποιήθηκε η έρευνά μας καθώς επίσης και στα κριτήρια αξιολόγησης των αποτελεσμάτων για όλα τα υποδείγματα. Τέλος, στο Κεφάλαιο 7 γίνεται η εφαρμογή των μεθοδολογιών και παρατίθενται τα αποτελέσματα καθώς και τα τελικά συμπεράσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Το Χρηματοοικονομικό Σύστημα

1. Εισαγωγή

Ως χρηματοοικονομικό σύστημα εννοούμε το σύνολο των δραστηριοτήτων που αποσκοπούν στη διαχείριση των χρηματικών πόρων που διακινούνται στα πλαίσια της οικονομικής δραστηριότητας. Στόχος του χρηματοοικονομικού συστήματος είναι να κινητοποιήσει το μέγιστο μέρος αυτών των πόρων, να το κατανείμει αποτελεσματικά σε νοικοκυριά και επιχειρήσεις και να ελαχιστοποιήσει τους κινδύνους μείωσης ή απώλειας των πόρων αυτών. Το χρηματοοικονομικό σύστημα περιλαμβάνει τις αγορές χρήματος (money market) και τις αγορές κεφαλαίου (capital market), δηλαδή τις χρηματιστηριακές αγορές και τα πιστωτικά ιδρύματα.

Οι *χρηματιστηριακές αγορές* λειτουργούν ως μέσο διοχέτευσης των πλεοναζόντων κεφαλαίων από τους δανειοδότες προς τους δανειολήπτες, δηλαδή είναι ένας μηχανισμός μέσα από τον οποίο α) επενδύονται χρηματικά κεφάλαια σε μετοχές ή ομόλογα και β) εξουδετερώνονται οι χρηματοπιστωτικοί κίνδυνοι. Τα *πιστωτικά ιδρύματα* είναι εκείνα τα ιδρύματα που παρέχουν χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες. Με πιο απλά λόγια είναι τα ιδρύματα που μπορούν να δανείζουν και να πιστώνουν κεφάλαια σε ιδιώτες ή επιχειρήσεις που έχουν ανάγκη καθώς επίσης και να συγκεντρώνουν κεφάλαια από ιδιώτες ή επιχειρήσεις που παρουσιάζουν πλεονάζουσα ρευστότητα.

Πρέπει να αναφερθεί πως για να είναι δυναμική και υγιής μια οικονομία με αποτελεσματικό χρηματοοικονομικό σύστημα θα πρέπει να δραστηριοποιηθούν και ενδιάμεσοι χρηματοοικονομικοί οργανισμοί. Αυτοί οι οργανισμοί φέρνουν έμμεσα σε επαφή τα πρόσωπα που αναζητούν εισοδήματα από τα κεφάλαιά τους και τα πρόσωπα που θέλουν να εξασφαλίσουν μια πίστωση. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένα δίκτυο ανάμεσα στα πιστωτικά ιδρύματα και τις χρηματιστηριακές αγορές.

2. Οι επενδύσεις

Η δημιουργία χρηματικών πόρων ξεκινά από την *αποταμίευση*, η οποία αποτελεί το μέρος του εισοδήματος που απομένει μετά την κάλυψη των αναγκών των νοικοκυριών και των επιχειρήσεων. Η αποταμίευση αποσκοπεί στην κάλυψη μελλοντικών αναγκών, στην αντιμετώπιση μελλοντικών κινδύνων και στην πραγματοποίηση επενδύσεων.

Επένδυση ονομάζεται η δέσμευση κεφαλαίων για κάποιο χρονικό διάστημα, η οποία γίνεται με σκοπό να δημιουργηθεί επιπλέον εισόδημα στο μέλλον. Για την επιλογή μιας επένδυσης παίζουν ρόλο οι συνθήκες κάτω από τις οποίες ενδέχεται να πραγματοποιηθεί καθώς επίσης και ο σωστός υπολογισμός του κινδύνου (σχεδόν αδύνατος) εξαιτίας της αβεβαιότητας που υπάρχει στην αγορά. Για αυτόν τον λόγο για να επιλεγεί σωστά μια επένδυση πρέπει να γίνει εκ των προτέρων μια διερεύνηση και να λυθούν επιμέρους προβλήματα, όπως

- i) η εκτίμηση των αναμενόμενων εισροών,
- ii) η επιλογή του κατάλληλου χρηματοδοτικού σχήματος και
- iii) η διαμόρφωση ενός επιπέδου κινδύνου που θεωρείται ανεκτό από τους επενδυτές και χρηματοδότες.

- i) Οι μελλοντικές εισροές μιας επιχείρησης προφανώς δεν είναι γνωστές εξ αρχής. Για αυτόν τον λόγο μέσα από κάποιες γνωστές κατανομές, που φαίνεται να προσαρμόζονται καλύτερα στα εκάστοτε δεδομένα μας, καταφέρνουμε να πιθανολογήσουμε την αναμενόμενη τιμή των μελλοντικών εισροών.
- ii) Πριν πραγματοποιηθεί κάποια επένδυση είναι εξαιρετικά σημαντικό να οριοθετηθούν και να συσχετιστούν οι απαιτήσεις των χρηματοδοτών με την αποδοτικότητα που θέλει να πετύχει η εταιρεία. Αν δεν συμβεί το παραπάνω, τότε υπάρχει κίνδυνος να μην χρησιμοποιηθούν πόροι οι οποίοι να προσφέρουν μεγαλύτερες μελλοντικές εισροές.

- iii) Ο κίνδυνος είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος που σε κάθε περίπτωση πρέπει να λαμβάνει υπ' όψιν της η κάθε επιχείρηση, μιας και συνδέεται άμεσα με την ζητούμενη αποδοτικότητα της επένδυσης.

3. Οι χρηματοοικονομικές επενδύσεις

Υπάρχουν πολλές μορφές επενδυτικών επιλογών όπως τα περιουσιακά στοιχεία και οι επιχειρήσεις, αλλά εμείς θα ασχοληθούμε με τις χρηματοοικονομικές επενδύσεις. Οι χρηματοοικονομικές επενδύσεις έχουν να κάνουν κατά βάση με την απόκτηση μετοχών, ομολόγων και παραγώγων τους.

3.1. Οι βασικές χρηματοοικονομικές επενδύσεις

Οι κυριότερες χρηματοοικονομικές επενδύσεις πραγματοποιούνται σε Μετοχές, Ομολογίες / Ομόλογα και Παράγωγα.

Οι Μετοχές

Μετοχές είναι κάποιοι τίτλοι που βγάζει μια επιχείρηση ώστε να αντλήσει κεφάλαιο από εκείνους που τις αγοράζουν. Κάθε επιχείρηση έχει ένα συγκεκριμένο αριθμό μετοχών, οι οποίες όλες μαζί αντιπροσωπεύουν το σύνολο της εταιρείας. Όταν κάποιος αγοράζει έστω και μία μετοχή από αυτήν την επιχείρηση, τότε στην ουσία συμμετέχει στα κέρδη της επιχείρησης. Η συμμετοχή στα κέρδη εξαρτάται από τον αριθμό των μετοχών που αγόρασε. Π.χ., μια εταιρεία έχει 100 μετοχές και η κάθε μία στοιχίζει 1 ευρώ. Αν κάποιος αγοράζει τις 10, τότε θα πληρώσει 10 ευρώ στην εταιρεία και θα κατέχει το 50% της εταιρείας, επομένως θα κατέχει και το 50% των κερδών της.

Οι μετοχές μπορεί να διακρίνονται σε κοινές και προνομιούχες.

- Η *κοινή μετοχή* είναι η πιο συνηθισμένη και περιλαμβάνει όλα τα βασικά δικαιώματα ενός μετόχου, όπως συμμετοχή στα κέρδη όπως προαναφέραμε, δικαίωμα στην έκδοση νέων μετοχών, καθώς και δικαίωμα ψήφου στην Γενική Συνέλευση της εταιρείας και στην διαχείριση της.

- Η *προνομιούχος μετοχή* έχει κάποια πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τις κοινές μετοχές, όπως στην λήψη μερίσματος, αλλά στερείται του δικαιώματος ψήφου και συμμετοχής στην διαχείριση της επιχείρησης.

Τα είδη τιμών της μετοχής είναι η ονομαστική τιμή της μετοχής (η αξία του μετοχικού κεφαλαίου της εταιρείας δια τον αριθμό μετοχών που εξέδωσε αρχικά), η λογιστική τιμή (τα ίδια κεφάλαια της εταιρείας δια τον αριθμό μετοχών της εταιρείας σε κυκλοφορία) και η χρηματιστηριακή τιμή (διαμορφώνεται καθημερινά στο χρηματιστήριο μέσω της προσφοράς και της ζήτησης).

Όσον αφορά στους παράγοντες που επηρεάζουν τις μετοχές, μπορεί να επηρεάζονται από την πορεία της εταιρείας, από γεγονότα που επηρεάζουν τον κλάδο στον οποίο εντάσσεται η εταιρεία, από γεγονότα δημοσιονομικού χαρακτήρα (ΑΕΠ), από πολιτικές εξελίξεις-αλλαγές ή από διεθνή οικονομικά γεγονότα

Οι Ομολογίες

Ομολογία είναι ένα χρεόγραφο, στο οποίο ο εκδότης υποχρεούται να καταβάλει την ονομαστική αξία του στην λήξη της σύμβασης. Βέβαια μπορούν να προστεθούν επιπλέον όροι ή περιορισμοί κατά την έκδοση του ομολόγου. Κύριο χαρακτηριστικό των ομολόγων είναι η καθορισμένη διάρκεια κατά το οποίο εκδίδονται.

Ο εκδότης του ομολόγου είναι ο οφειλέτης, ο κάτοχος του ομολόγου είναι ο δανειστής και το τοκομερίδιο είναι ο τόκος. Τα στοιχεία δηλαδή που προσδίδουν ταυτότητα σε ένα ομόλογο είναι ο εκδότης, το τοκομερίδιο και η χρονική διάρκεια της σύμβασης. Εκδότης μιας ομολογίας μπορεί να είναι το Ελληνικό Δημόσιο, οι ΑΕ, ακόμα και οι Τράπεζες. Π.χ., μια επιχείρηση που χρειάζεται δάνειο ύψους 2.000.000 ευρώ μπορεί να εκδώσει 10.000 το πλήθος ομόλογα διάρκειας 1 έτους, ύψους 200 ευρώ το καθένα. Οι αγοραστές των ομολόγων αυτών καταβάλλουν 200 και στην ουσία δανείζει την επιχείρηση για ένα έτος. Με την λήξη της ομολογίας γίνεται επιστροφή του αρχικού κεφαλαίου στον επενδυτή. -Επίσης στο τέλος της χρονικής περιόδου ο εκδότης των ομολογιών είναι υποχρεωμένος να καταβάλλει και τον τόκο, ο οποίος είχε οριστεί κατά την έκδοση των ομολογιών. Τα επιτόκια που ορίζονται ποικίλουν. Τα πιο συνηθισμένα είναι τα σταθερά επιτόκια, τα κυμαινόμενα και τα zero-coupon.

Η διαφορά μεταξύ μετοχών και ομολογιών είναι ότι οι κάτοχοι μετοχών είναι ιδιοκτήτες ενός μέρους μιας εταιρείας, ενώ οι κάτοχοι ομολογιών είναι δανειστές του εκδότη. Επίσης, οι μετοχές είναι αορίστου χρόνου, ενώ τα ομόλογα έχουν προκαθορισμένο χρόνο-ωριμότητα κατά το οποίο εξαγοράζονται.

Σαν γενικές κατηγορίες των ομολογιών μπορούμε να δούμε :

1. Ομολογίες σταθερού επιτοκίου
2. Ομολογίες μηδενικού κουπονιού
3. Διηκεκείς Ομολογίες
4. Ομολογίες μεταβλητού
5. Μετατρέψιμες Ομολογίες.

3.2. Οι παράγωγες χρηματοοικονομικές επενδύσεις

Ως παράγωγο χρηματοοικονομικό προϊόν θεωρείται μια διμερής σύμβαση η οποία μπορεί να αναφέρεται σε μετοχές, δείκτες μετοχών, ομόλογα, συνάλλαγμα και εμπορεύματα. Τα δύο κυριότερα οφέλη των παραγώγων είναι πως πρώτον, χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση του κινδύνου και δεύτερον, η διαπραγματεύσή τους αποδίδει προβλέψιμες τιμές που παρέχουν πληροφόρηση στην αγορά, για την πραγματική αξία ορισμένων επενδυτικών στοιχείων και για τη μελλοντική κατεύθυνση της οικονομίας.

Τα πιο γνωστά παράγωγα προϊόντα είναι τα προθεσμιακά συμβόλαια (forward contracts), τα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης (future contracts), προϊόντα δανεισμού τίτλων (stock reserve repo), δικαιώματα προαίρεσης (options).

3.2.1. Προθεσμιακά συμβόλαια (forward contracts)

Τα Προθεσμιακά Συμβόλαια είναι η απλούστερη μορφή παραγώγου. Στα συμβόλαια αυτά 2 συμβαλλόμενοι έρχονται σε συμφωνία μεταξύ τους. Ο ένας αγοράζει (long position) και ο άλλος πουλάει (short position) μια συγκεκριμένη ποσότητα ενός αγαθού, σε προκαθορισμένη ημερομηνία και τιμή. Για παράδειγμα, τον Ιανουάριο η επιχείρηση Α συμφώνει να αγοράσει μετά από 3 μήνες 1000 μετοχές της ΔΕΗ από την επιχείρηση Β στην τιμή $K=15$ ευρώ ανά μετοχή. Γενικά η τιμή K καθορίζεται από την παρούσα αξία S_0 του υποκείμενου αγαθού, από το επιτόκιο r των

ομολόγων της αγοράς και από τον χρόνο εξάσκησης T . Τον μήνα Απρίλιο, μετα από 3 μήνες δηλαδή, η εταιρία B θα πρέπει να παραδώσει τις 1000 μετοχές στην εταιρία A , η οποία με την σειρά της καταβάλλει το ποσο των $1000 \times 15 = 15000$ ευρώ στην B . Σε περίπτωση που η τιμή της συγκεκριμένης μετοχής την μέρα της λήξης του συμβολαίου είναι $S_T = 18$ ευρώ/μετοχή, τότε ο αγοραστής (επιχείρηση A) κερδισε 3 ευρώ/μετοχή, γιατί θεωρητικά μόλις τις παραλάβει με 15000 ευρώ, θα μπορεί αν τις πουλήσει με 18000 ευρώ. Αν η τιμή της μετοχής ακολουθήσει αντίθετη πορεία και πέσει, τότε κερδισμένος βγαίνει ο πωλητής.

Γενικά, το κέρδος του αγοραστή σε ένα ΠΣ είναι $S_T - K$ και του πωλητή $K - S_T$, όπου S_T η τιμή της μετοχής στην λήξη του συμβολαίου και K η προκαθορισμένη τιμή της συναλλαγής.

3.2.2. Συμβόλαια Μελλοντικής Εκπλήρωσης

Όπως και το ΠΣ, έτσι και ένα Συμβόλαιο Μελλοντικής Εκπλήρωσης (ΣΜΕ) είναι μια συμφωνία μεταξύ 2 συμβαλλόμενων., ο ένας εκ των οποίων υπόσχεται να αγοράσει και ο άλλος να πουλήσει μια συγκεκριμένη ποσότητα ενός αγαθού, σε προκαθορισμένη τιμή και ημερομηνία. Ο αγοραστής που λαμβάνει long position επιθυμεί άνοδο της τιμής του αγαθού, ενώ ο πωλητής που λαμβάνει short position πτώση.

Σε αντίθεση με τα ΠΣ, τα ΣΜΕ συναλλάσσονται καθημερινά στο Χρηματιστήριο Παραγώγων (ΧΠ) και η τιμή συναλλαγής μεταβάλλεται ανάλογα με τις μεταβολές της τιμής του αγαθού. Επίσης στα ΣΜΕ οι 2 συμβαλλόμενοι ενδέχεται να μην γνωρίζουν ο ένας τον άλλον και επομένως, ως μεσολαβητής, το Χρηματιστήριο Παραγώγων έχει θεσπίσει κάποιον μηχανισμό έτσι ώστε να υπάρχει εγγύηση ότι το συμβόλαιο θα εκπληρωθεί. Αυτό γίνεται με την χρήση των λογαριασμών περιθωρίων (margin accounts). Οι 2 συμβαλλόμενοι υποχρεούνται να ανοίξουν έναν λογαριασμό περιθωρίων και να καταθέσουν ένα ποσό ως εγγύηση, που στην ουσία είναι ένα ποσοστό επί της τιμής συναλλαγής K . Αξιοσημείωτο είναι ότι αγοραστής και πωλητής μπορούν να κλείσουν την θέση τους οποιαδήποτε στιγμή πριν την λήξη του συμβολαίου.

3.2.3. Προϊόντα Δανεισμού Τίτλων (stock reserve repo)

Ο Δανεισμός Τίτλων αφορά τις 2 διαδικασίες παρακάτω:

- Την παραχώρηση μετοχών ως «δάνειο» (stock lending-Repo). Ένας επένδυτής που δεν έχει σκοπό να ρευστοποιήσει άμεσα τις μετοχές του, μπορεί να τις μεταβιβάσει προσωρινά στο ΧΠ και να εισπράττει ένα μηνιαίο έσοδο και να λαμβάνει τεχνητό μέρισμα από τις μετοχές του repos από το ΧΠ.
- Την απόκτηση μετοχών από «δάνειο» (stock borrowing-Reverse Repo). Σε αυτή τη περίπτωση ένας επενδυτής μπορεί να δανειστεί μετοχές από το ΧΠ, που προέκυψαν μέσω repo, για ένα χρονικό διάστημα έναντι κ;αριοίου ημερησίου κόστους.

Όπως γίνεται αντιληπτό, δεν είναι γνωστό εκ των προτέρων το μηνιαίο έσοδο του επενδυτή από το Repo, αφού θα πρέπει να υπάρχει ζήτηση από κάποιον επενδυτή για συμβόλαια Reserve Repo.

3.2.4. Δικαιώματα Προαίρεσης (options)

Δικαίωμα προαίρεσης καλείται μια συμφωνία μεταξύ 2 αντισυμβαλλόμενων με την μεσολάβηση του ΧΠ. Η συμφωνία αυτή δίνει στον αγοραστή το δικαίωμα να αγοράσει (ή πουλήσει, ανάλογα με την θέση που αποφασίσει να λάβει) από τον πωλητή του δικαιώματος ένα συγκεκριμένο αγαθό σε προκαθορισμένη τιμή K κατά την διάρκεια μιας χρονικής περιόδου $[0, T]$. Το δικαίωμα είναι αρκετά πιο σύνθετο από τα ΣΜΕ και τα ΠΣ, γιατί τώρα ο αγοραστής (holder) έχει την επιλογή (και όχι την υποχρέωση) να εξασκήσει το δικαίωμα του παρα μόνο εάν τον συμφέρει. Αντθετα, ο πωλητής (writer) είναι υποχρεωμένος να πράξει ό,τι αποφασίσει ο holder. Για αυτό το πλεονέκτημα που έχει ο holder έναντι του writer, ο holder θα πρέπει να καταβάλει ένα αντίτιμο C (τιμή δικαιώματος-option price) στον πωλητή, ο οποίος ουσιαστικά είναι εκείνος που στην συγκεκριμένη περίπτωση αναλαμβάνει κάποιο ρίσκο.

4. Τα χρηματιστήρια αξιών

Το χρηματιστήριο είναι ένας οργανισμός που έχει ως κύριο σκοπό την χρηματοδότηση επιχειρήσεων μέσω της διάθεσης μετοχών και ομολόγων σε επενδυτές. Τα χρηματιστήρια αποτελούν ιδιόμορφες αγορές με την έννοια της ταυτόχρονης συνάντησης της προσφοράς και της ζήτησης.

Ο ρόλος των Χρηματιστηρίων είναι να:

- Διευκολύνουν τις συναλλαγές, γιατί επιτρέπουν στους εκπροσώπους της προσφοράς και της ζήτησης να βρίσκονται ταυτόχρονα στον συγκεκριμένο τόπο διαπραγμάτευσης.
- Επιτρέπουν την ελεύθερη διαμόρφωση τιμών των αγαθών με βάση τον θεμελιώδη νόμο της προσφοράς και της ζήτησης. Με αυτόν τον τρόπο περιορίζεται ο κίνδυνος της δημιουργίας τεχνητών τιμών.
- Δίνουν την ευκαιρία στις επιχειρήσεις να αποκτήσουν κεφάλαια αλλά και στους επενδυτές να μπορούν να διαθέσουν τα χρήματα που έχουν στην επένδυσή τους σε τίτλους, με την προσδοκία του κέρδους, συμβάλλοντας έτσι στην παραγωγικότητα και στην ανάπτυξη της χώρας που λειτουργεί το χρηματιστήριο.

5. Λειτουργία Χρηματιστηρίου

Το χρηματιστήριο είναι ένας συνδυασμός 2 ξεχωριστών λειτουργιών:

- **Η Λειτουργία Πρωτογενούς Χρηματιστηρίου:** Οι εταιρείες μπορούν να συγκεντρώσουν μακροπρόθεσμα κεφάλαια για τις επιχειρήσεις τους με την έκδοση μετοχών (και άλλων χρεογράφων) σε επενδυτές.
- **Η Λειτουργία Δευτερογενούς Αγοράς:** οι επενδυτές μπορούν να αγοράσουν και να πουλήσουν αυτές τις μετοχές σε τρέχουσες τιμές, όπως καθορίζονται στο χρηματιστήριο.

Όπως γίνεται αντιληπτό η δευτερογενής είναι σημαντικότερη διότι, αν δεν υπήρχε, η πρωτογενής θα ήταν ανενεργή.

6. Χρηματιστήριο Παραγώγων Αθηνών

Το Χρηματιστήριο Παραγώγων Αθηνών (ΧΠΑ) λειτουργεί με τη μορφή ανώνυμης εταιρείας. Σκοπός του ΧΠΑ είναι η οργάνωση των συναλλαγών στη χρηματιστηριακή αγορά παραγώγων και της λειτουργίας του συστήματος συναλλαγών. Τα παράγωγα προϊόντα και τα χαρακτηριστικά τους, που αποτελούν αντικείμενο διαπραγμάτευσης στο ΧΠΑ, ορίζονται με σχετική απόφαση του Διοικητικού Συμβουλίου του, με τη σύμφωνη γνώμη του Διοικητικού Συμβουλίου της Εταιρείας Εκκαθάρισης Συναλλαγών επί Παραγώγων (ΕΤΕΣΕΠ).

Οι εργασίες του ΧΠΑ διέπονται από τους εξής άξονες :

- Ο πρώτος αφορά την ανάπτυξη εργασιών όπου δραστηριοποιείται η Διεύθυνση Ανάπτυξης Εργασιών με τα Τμήματα Μάρκετινγκ, Πωλήσεων και Έρευνας και Ανάπτυξης.
- Ο δεύτερος αφορά τη διεξαγωγή των συναλλαγών όπου δραστηριοποιείται η Διεύθυνση Διεξαγωγής Συναλλαγών με τα Τμήματα Παρακολούθησης Διεξαγωγής Συναλλαγών και Υποστήριξης Διεξαγωγής Συναλλαγών.

7. Ο σκοπός και ο ρόλος της δημιουργίας του Χρηματιστηρίου Παραγώγων Αθηνών

Το Χρηματιστήριο Παραγώγων Αθηνών και η Εταιρία Εκκαθάρισης Συναλλαγών επί Παραγώγων (ΕΤ.Ε.Σ.Ε.Π.), αποσκοπούν στο να δημιουργήσουν μια οργανωμένη αγορά παραγώγων στην Ελλάδα. Τα χρηματιστηριακά παράγωγα προϊόντα που τελούν υπό διαπραγμάτευση στο πλαίσιο μιας οργανωμένης αγοράς έχουν δύο κρίσιμα χαρακτηριστικά. Πρώτον, είναι συμβάσεις που συνάπτονται μεταξύ ενός μέλους και της οργανωμένης αγοράς και τα χρηματιστηριακά συμβόλαια έχουν την «εγγύηση» της αγοράς στην οποία υπόκεινται προς διαπραγμάτευση. Δεύτερον, κάθε προϊόν έχει τα ίδια

χαρακτηριστικά και αυτή η τυποποίηση τα καθιστά ανταλλάξιμα, αντίθετα με ό,τι ισχύει σε παράγωγα προϊόντα που δεν περιλαμβάνονται σε οργανωμένες αγορές.

8. Οι τράπεζες

Τράπεζα ονομάζεται μία επιχείρηση, η οποία ασχολείται με χρηματικές και πιστωτικές συναλλαγές. Ανάλογα με το είδος της μπορεί να δέχεται καταθέσεις, να χορηγεί δάνεια, να φυλάσσει και να διαχειρίζεται αξιόγραφα και να αναλαμβάνει την πληρωμή για λογαριασμό του πελάτη.

Η κερδοφορία της τράπεζας βασίζεται στην λεγόμενη "ψαλίδα", δηλαδή τη διαφορά ανάμεσα στο επιτόκιο δανεισμού και στο επιτόκιο καταθέσεων. Έτσι αν για παράδειγμα μία τράπεζα χορηγεί ένα δάνειο με επιτόκιο 8% και δέχεται κατάθεση με ετήσιο επιτόκιο 2% η διαφορά αυτή (6%) αποτελεί την ψαλίδα που οδηγεί στα κέρδη της τράπεζας. Βέβαια οι τράπεζες αποκομίζουν και από αλλού χρήματα όπως από προμήθειες ή από συμμετοχές και επενδύσεις, ωστόσο η κύρια λειτουργία της έγκειται στον δανεισμό (χορηγήσεις και καταθέσεις).

Υπάρχουν διάφορα είδη τραπεζών. Μερικά από αυτά αναφέρονται παρακάτω.

- Κεντρική Τράπεζα: Είναι υπεύθυνη για τη νομισματική πολιτική και μπορεί να είναι ο δανειστής της τελευταίας λύσης σε περίπτωση κρίσης. Χρεώνεται συχνά με τον έλεγχο του διάθεσης χρήματος, συμπεριλαμβανομένης της έκδοσης νομίσματος. Παραδείγματα κεντρικών τραπεζών είναι η Τράπεζα της Ελλάδος και η Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα.
- Εμπορική τράπεζα: Είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για μια κανονική τράπεζα για να τη διακρίνει από μια τράπεζα επενδύσεων. Μιας και αυτές οι δύο δεν είναι πλέον υποχρεωτικό να λειτουργούν κάτω από χωριστή ιδιοκτησία, ορισμένοι χρησιμοποιούν τον όρο "εμπορική τράπεζα" για να αναφερθούν σε μια τράπεζα ή ένα τμήμα τράπεζας που ασχολείται κυρίως με εταιρίες ή μεγάλες επιχειρήσεις.
- Επενδυτική τράπεζα: Δίνει εγγυητικές επιστολές για πώληση μετοχών και χρεογράφων και συμβουλεύουν για συγχωνεύσεις και εξαγορές εταιρειών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Μεταβλητότητα - Κίνδυνος

1. Η έννοια της μεταβλητότητας

Με τον όρο μεταβλητότητα εννοούμε τον κίνδυνο που υπάρχει εξαιτίας των διακυμάνσεων ενός χρηματοοικονομικού αγαθού. Το πιο επιθυμητό για ένα τέτοιο αγαθό είναι να έχει όσο το δυνατόν μικρότερη μεταβλητότητα, γιατί είναι μια ισχυρή ένδειξη ότι η αξία του δεν παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, τουλάχιστον για ένα σύντομο χρονικό διάστημα. Από μια στατιστική σκοπιά, η μεταβλητότητα ταυτίζεται με την τυπική απόκλιση της αγίας ενός χρηματοοικονομικού αγαθού σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Από την πλευρά ενός επενδυτή, υψηλή μεταβλητότητα ενός χρηματοοικονομικού αγαθού σημαίνει δυνατότητα κέρδους για μια ημερήσια συναλλαγή, ενώ για μια μακροπρόθεσμη επένδυση σημαίνει αβεβαιότητα με αποτέλεσμα να αποφεύγονται οι συναλλαγές τέτοιων αγαθών. Αξίζει να αναφερθεί πως η μεταβλητότητα δεν συνεπάγεται κατεύθυνση, δηλαδή δεν παρουσιάζει την άνοδο ή την κάθοδο της αξίας ενός αγαθού, απλώς περιγράφει την διακύμανση αυτής αξίας.

Από την σκοπιά της στατιστικής, με τον όρο μεταβλητότητα εννοούμε την τυπική απόκλιση σ ή την διακύμανση σ^2 , που δίνεται από τον τύπο

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (R_i - \bar{R})^2$$

Η τυπική απόκλιση είναι μια παράμετρος ελεύθερη κατανομής, η οποία εκφράζει την δεύτερη ροπή του δείγματος. Οι έννοιες της μεταβλητότητας και του κινδύνου μοιάζουν αλλά δεν είναι απαραίτητα ίδιες. Ο κίνδυνος όταν πραγματοποιείται φέρνει κάποιο αρνητικό αποτέλεσμα. Από την άλλη η μεταβλητότητα είναι δυνατή να αποφέρει και θετικά αποτελέσματα αρκεί να αυξηθεί η τιμή μιας μεταβλητής, πχ της απόδοσης μιας μετοχής. Αυτό σημαίνει ότι ο κίνδυνος σχετίζεται με αρνητικές αποδόσεις, ενώ τα περισσότερα μέτρα διασποράς δεν κάνουν τέτοια διάκριση.

Αξίζει να αναφέρουμε μερικές από τις ιδιότητες της μεταβλητότητας οι οποίες είναι :

- **Παγιές ουρές:** Έχει παρατηρηθεί από τις αρχές της δεκαετίας του 1960 ότι οι αποδόσεις διάφορων αξιών ακολουθούν λεπτόκυρτες κατανομές.
- **Συσώρευση μεταβλητότητας (volatility clustering):** Υπάρχουν περίοδοι κατά τις οποίες η μεταβλητότητα είναι υψηλή για ένα μεγάλο συνεχόμενο διάστημα, ενώ άλλες κατά τις οποίες είναι παρατεταμένα χαμηλή. Οι Mandelbrot (1963) και Farma (1965) έδειξαν ότι οι μεγάλες μεταβολές στην τιμή ενός αγαθού ακολουθούνται από άλλες μεγάλες μεταβολές και ότι οι μικρές επίσης ακολουθούνται από μικρές μεταβολές. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι οι ενδεχόμενες ασυνήθιστα υψηλές τιμές της μεταβλητότητας σήμερα επηρεάζουν την πρόβλεψη της μελλοντικής μεταβλητότητας για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- **Ισχυρή μνήμη της μεταβλητότητας:** Η μεταβλητότητα επιδεικνύει επιμονή ή αλλιώς ισχυρή μνήμη. Ισχυρά σοκ τείνουν να έχουν επίδραση στη μεταβλητότητα για ιδιαίτερα μεγάλο χρονικό διάστημα.
- **Αντίστροφη προς τη μέση μεταβλητότητα:** Οι περίοδοι υψηλής ή χαμηλής μεταβλητότητας τείνουν να ακολουθούνται από περιόδους αντιστροφής προς τη μέση μεταβλητότητα. Αυτό σημαίνει ότι μια περίοδο υψηλής μεταβλητότητας θα δώσει τη θέση της σε πιο κανονικές διακυμάνσεις των τιμών, και αντίστοιχα μια περίοδος χαμηλής μεταβλητότητας θα ακολουθηθεί από άνοδο της μεταβλητότητας. Άρα οι προβλέψεις για τη μεταβλητότητα σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα θα πρέπει να συγκλίνουν στο ίδιο περίπου κανονικό επίπεδο τιμών.
- **Ασυμμετρία της μεταβλητότητας:** Μια αρνητική μεταβολή των αποδόσεων προκαλεί μεγαλύτερη μεταβλητότητα από ότι μια ισόποση θετική μεταβολή. Οι αναμενόμενες αποδόσεις πέφτουν όταν αυξάνεται η μεταβλητότητα.

2. Κίνδυνος

Ο κίνδυνος ορίζεται ως η απόκλιση του πραγματοποιηθέντος αποτελέσματος από του αναμενόμενου. Επίσης, κίνδυνος μπορεί να θεωρηθεί η πιθανότητα να υπάρξει ζημιά από την επένδυση σε κάποιο περιουσιακό στοιχείο. Τα χαρακτηριστικά του κινδύνου είναι ο χρόνος και η μεταβλητότητα. Όσο μεγαλύτερο είναι το επενδύόμενο κεφάλαιο τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος να υποστεί το κεφάλαιο μεγάλη ζημιά. Επομένως, οι επενδύσεις που δεν έχουν σταθερές αποδόσεις στο χρόνο πάντα είναι επικίνδυνες. Οι κίνδυνοι που αντιμετωπίζουν οι επιχειρήσεις προέρχονται από διαφορετικά περιβάλλοντα, όπως το εσωτερικό, το εξωτερικό, το κοινωνικό, το πολιτικό και το οικονομικό. Παρακάτω θα αναφερθούμε στον όρο της μεταβλητότητας και με λίγα λόγια σε μερικά είδη κινδύνων.

3. Είδη κινδύνων

- **Εσωτερικοί Κίνδυνοι:** Αυτοί οι κίνδυνοι προκαλούνται από την αδυναμία της επιχείρησης να λειτουργήσει αποτελεσματικά, τόσο προς την κατεύθυνση της διαχείρισης των παραγωγικών πόρων όσο και προς την κατεύθυνση των συναλλακτικών της σχέσεων. Αναφέρονται ενδεικτικά τέτοιοι κίνδυνοι όπως, ο κίνδυνος της αναποτελεσματικής οργάνωσης, ο κίνδυνος εσφαλμένων επιλογών προϊόντων και ο κίνδυνος παρεχόμενων πιστώσεων.
- **Συστηματικός Επενδυτικός Κίνδυνος(Systematic Investment Risk):** Συστηματικός επενδυτικός κίνδυνος ονομάζεται ο επενδυτικός κίνδυνος απρόσμενων εξελίξεων στο μακροοικονομικό περιβάλλον μιας επένδυσης που είναι δύσκολο να προβλεφθούν και συνεπώς. Γενικά ο συστηματικός κίνδυνος αντιπροσωπεύει και αντανακλά την γενική κατάσταση της οικονομίας, τις πληθωριστικές τάσεις που υπάρχουν, τις δραστηριότητες των εταιριών γενικά, τα επίπεδα των επιτοκίων και την φορολογία. Ένα παράδειγμα είναι μια απρόσμενη νομοθετική ρύθμιση με περιεχόμενο που επηρεάζει σοβαρά την λειτουργία μιας επένδυση ή σε πιο υπερβολικό βαθμό το ενδεχόμενο μιας πολεμικής σύρραξης.
- **Μη-Συστηματικός Επενδυτικός Κίνδυνος(Unsystematic Investment Risk):** Μη συστηματικός κίνδυνος ονομάζεται ο επενδυτικός κίνδυνος που δύναται να μετρηθεί και να διαχειριστεί μέσα από την εφαρμογή μιας σειράς τεχνικών διαχείρισης του κινδύνου (risk management) και μέσα από την χρήση μιας σειράς χρηματοοικονομικών επενδυτικών εργαλείων όπως για παράδειγμα μέσα από την αγορά παραγώγων προϊόντων(derivatives).
- **Επιχειρηματικός Κίνδυνος(Business Risk):** Ο επιχειρηματικός κίνδυνος είναι συνδεδεμένος με την ίδια την έννοια της επιχειρηματικότητας. Οι πηγές του επιχειρηματικού κινδύνου αφορούν τόσο εσωτερικούς όσο και εξωγενείς παράγοντες που επηρεάζουν μια επιχείρηση, όπως είναι οι αλλαγές στο περιβάλλον του ανταγωνισμού ή απρόσμενες αποχωρήσεις σε διοικητικό επίπεδο.

- Πιστωτικός Κίνδυνος(Credit Risk ή Default Risk):** Πιστωτικός κίνδυνος είναι ο κίνδυνος απώλειας μιας χρηματικής αμοιβής ενός επενδυτή, που οφείλεται στην αδυναμία ενός δανειστή να αποπληρώσει ένα δάνειο ή να εκπληρώσει μία συμβατική υποχρέωσή του. Ο πιστωτικός κίνδυνος είναι στενά συνδεδεμένος με την αναμενόμενη απόδοση μιας επένδυσης, με τα ομόλογα να αποτελούν το πιο αξιοσημείωτο παράδειγμα. Όσο υψηλότερος είναι ο αντιληπτός πιστωτικός κίνδυνος, τόσο υψηλότερα θα είναι τα απαιτούμενα επιτόκια. Ο πιστωτικός κίνδυνος καλείται αλλιώς και κίνδυνος πτώχευσης. Μερικά παραδείγματα πιστωτικού κινδύνου είναι η μη πληρωμή ενός δανείου από έναν καταναλωτή ή η δέσμευση των χρημάτων των καταθετών από μια τράπεζα .
- Κίνδυνος Ρευστότητας(Liquidity Risk):** Ο κίνδυνος ρευστότητας αφορά την αδυναμία ρευστοποίησης μιας επένδυσης και κατά συνέπεια την αδυναμία συγκέντρωσης ρευστότητας. Η έλλειψη ρευστότητας μιας οικονομικής οντότητας μπορεί να προκαλέσει την αθέτηση κάποιων συμφωνιών πληρωμής. Όταν οι ρήτρες αθέτησης είναι πολύ αυστηρές, η έλλειψη ρευστότητας μπορεί να οδηγήσει ακόμα και στην πτώχευση. Συνεπώς, μια κερδοφόρα επένδυση δεν πρέπει να είναι μόνο ασφαλής και κερδοφόρα, αλλά και να είναι εύκολα ρευστοποιήσιμη.
- Κίνδυνος Επιτοκίου(Interest Rate Risk):** Ο κίνδυνος επιτοκίου αφορά την μείωση της αξίας μιας επένδυσης στο μέλλον εξαιτίας μιας ενδεχόμενης ανόδου των επιτοκίων. Όταν τα επιτόκια ανεβαίνουν οι επενδύσεις γίνονται λιγότερο ελκυστικές καθώς αυξάνεται το εναλλακτικό κόστος επένδυσης. Ένας επενδυτής μπορεί να εξασφαλίσει μια μεγάλη και σίγουρη απόδοση σε έναν αποταμιευτικό λογαριασμό, άρα αναβάλει άλλες εναλλακτικές επενδυτικές αποφάσεις. Όταν τα επιτόκια μιας οικονομίας ανεβαίνουν, η αξία των επενδύσεων υποχωρούν

- **Χρηματοοικονομικός Κίνδυνος(Financial Risk):** Ο χρηματοοικονομικός κίνδυνος περιλαμβάνει τους κινδύνους που προέρχονται από την χρηματοδότηση μιας επένδυσης με ξένα κεφάλαια. Η αύξηση του τραπεζικού δανεισμού μιας επιχείρησης για παράδειγμα αυξάνει τον κίνδυνο να μην μπορεί να αποπληρώσει στο μέλλον τις υποχρεώσεις της.
- **Κίνδυνος Πληθωρισμού(Inflation Risk ή Purchasing Power Risk):** Όταν ο πληθωρισμός σε μια οικονομία αυξάνει η αγοραστική δύναμη μιας οικονομικής οντότητας μειώνεται. Οι θεωρούμενες ως "ασφαλείς" επενδύσεις σε μια οικονομία, όπως οι τραπεζικές καταθέσεις και τα κρατικά ομόλογα, είναι πιο επιρρεπείς στην φθορά του κινδύνου του πληθωρισμού. Αντίθετα, οι πιο "επισημασμένες" επενδύσεις, όπως οι μετοχές και τα μετοχικά αμοιβαία κεφάλαια, είναι πιθανότερο σε μεσοπρόθεσμη βάση να διατηρήσουν την πραγματική αξία τους υπερκαλύπτοντας των πληθωρισμό.
- **Συναλλαγματικός Κίνδυνος(Exchange Rate Risk):** Ο συναλλαγματικός κίνδυνος είναι ο κίνδυνος απώλειας μέρους της αξίας μιας επένδυσης εξαιτίας της μεταβολής της συναλλαγματικής ισοτιμίας που υπόκειται η επένδυση. Για παράδειγμα εάν κάποιος επενδυτής που βρίσκεται στην ζώνη του ευρώ αγοράσει ένα εταιρικό ομόλογο στις Η.Π.Α., αν το δολάριο υποχωρήσει 10% σε σχέση με το ευρώ, αυτομάτως η αξία του εταιρικού ομολόγου θα απολέσει το 10% της αξίας της. Ο συναλλαγματικός κίνδυνος είναι έντονος για τις εμπορικές εταιρείες που λειτουργούν ως εισαγωγείς / εξαγωγείς σε μια οικονομία.
- **Πολιτικός Κίνδυνος(Political Risk):** Ο πολιτικός κίνδυνος εμπεριέχεται σε απότομες μεταβολές κυρίως νομοθετικού χαρακτήρα που μπορούν να επηρεάσουν άμεσα ή έμμεσα μια επένδυση. Για παράδειγμα η κυβέρνηση μιας χώρας εισαγάγει νομοθεσία που απαγορεύει την εισαγωγή ενός προϊόντος από το εξωτερικό ή απελευθερώνει μια αγορά από τα κρατικά εμπόδια εισόδου (barriers to entry). Ως ακραίο παράδειγμα πολιτικού κινδύνου αναφέρεται το ενδεχόμενο πολέμου ή ακόμα και εισαγωγή νομοθεσιών για κρατικοποιήσεις εταιρειών. Κατά κανόνα, οι Δυτικές Οικονομίες εμπεριέχουν μικρότερο βαθμό πολιτικού ρίσκου σε σχέση με τις υπόλοιπες οικονομίες του πλανήτη.

Παρακάτω θα αναφερθούμε πιο αναλυτικά στον συστηματικό και μη συστηματικό κίνδυνο ενός χαρτοφυλακίου, καθώς επίσης και με ποιον τρόπο μπορεί ένας επενδυτής να μειώσει τον κίνδυνο στο χαρτοφυλάκιο του.

4. Συστηματικός και μη συστηματικός κίνδυνος ενός χαρτοφυλακίου

Ο συνολικός κίνδυνος ενός χαρτοφυλακίου αποτελείται από τον συστηματικό και τον μη συστηματικό κίνδυνο. Ο συστηματικός κίνδυνος, όπως προαναφέραμε, οφείλεται σε παράγοντες όπως η φορολογία, ο πληθωρισμός, οι διεθνείς πολιτικές και οικονομικές κρίσεις καθώς και νέες πολιτικές και νομοθετικές αποφάσεις. Ο κίνδυνος αυτός δεν μπορεί να εξαιρεθεί και αναφέρεται διαφορετικά ως κίνδυνος της αγοράς. Το 1991 οι Donald Fisher και Roland Jordan προκειμένου να αναλύσουν τον συστηματικό κίνδυνο τον διέκριναν στα εξής τρία μέρη:

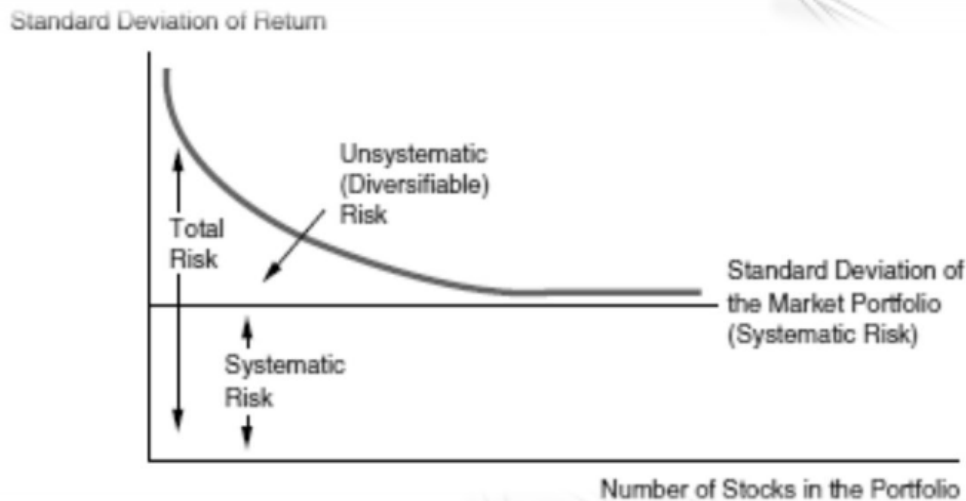
- i. Κίνδυνος της Αγοράς
- ii. Κίνδυνος Επιτοκίων
- iii. Κίνδυνος Αγοραστικής Αξίας

Οι δύο πρώτοι αναφέρθηκαν και παραπάνω. Ο κίνδυνος της αγοράς αξίας έχει να κάνει με την αβεβαιότητα της αγοραστικής δύναμης του ποσού που θα εισπράξει ο επενδυτής. Ανάμεσα στη χρονική περίοδο της επένδυσης και της είσπραξης είναι πιθανό να συμβεί μια αύξηση τιμών των αγαθών, με αποτέλεσμα να χαθεί μέρος της αγοραστικής δύναμης του επενδυτή. Ένας ορθολογικός επενδυτής θα πρέπει να εκτιμήσει την επίδραση του πληθωρισμού, έτσι ώστε να προσδιορίσει την πραγματική απόδοση της επένδυσης του.

Ο μη συστηματικός κίνδυνος οφείλεται σε παράγοντες που επηρεάζουν μόνο την εταιρία και κατ' επέκταση τη μετοχή της στο χρηματιστήριο. Τέτοιοι παράγοντες είναι το marketing, η ανάληψη ενός μεγάλου έργου ή ακόμα και η επέκτασή της σε οικονομικό τομέα (π.χ. αύξηση μετοχικού κεφαλαίου). Ο μη συστηματικός κίνδυνος μπορεί να μετρηθεί και να εξαιρεθεί, για αυτό και όταν έχουμε να ασχοληθούμε με αποτελεσματικά χαρτοφυλάκια δεν ενδιαφερόμαστε για αυτόν. Αυτό συμβαίνει γιατί

δυσάρεστα γεγονότα για μια εταιρία της οποίας οι μετοχές περιλαμβάνονται στο χαρτοφυλάκιο και αρχίζουν να χάνουν την αποδοτικότητα τους, αντισταθμίζονται από τα ευχάριστα γεγονότα μιας άλλης εταιρίας της οποίας οι μετοχές θα αποκτήσουν μεγαλύτερη αξία.

Για έναν επενδυτή είναι πολύ σημαντικό να μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο του χαρτοφυλακίου του. Για να καταφέρει κάτι τέτοιο θα πρέπει να προβαίνει σε μια συγκεκριμένη διαδικασία που ονομάζεται *Διαφοροποίηση χαρτοφυλακίου* (differentiation). Σύμφωνα με αυτήν ο επενδυτής προσθέτει επενδυτικά στοιχεία στο χαρτοφυλάκιο του με σκοπό ο κίνδυνος να μειωθεί. Καθώς προστίθενται στοιχεία, ο κίνδυνος του χαρτοφυλακίου τείνει να προσεγγίσει τον κίνδυνο που παρουσιάζει το χαρτοφυλάκιο της κεφαλαιαγοράς, δηλαδή εκείνο το χαρτοφυλάκιο του περιλαμβάνει όλα τα δυνατά στοιχεία που προσφέρονται για επένδυση σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Ο κίνδυνος του χαρτοφυλακίου της κεφαλαιαγοράς εξαρτάται από τις γενικές οικονομικές, πολιτικές και κοινωνικές συνθήκες που επικρατούν στην εθνική αλλά και διεθνή οικονομία. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο κίνδυνος ενός χαρτοφυλακίου μειώνεται ραγδαία όταν προστίθενται τα 5-6 πρώτα επενδυτικά στοιχεία και από εκεί και έπειτα ξεκινάει η φθίνουσα πορεία με αργό ρυθμό. έχει παρατηρηθεί εμπειρικά ότι ένα χαρτοφυλάκιο που αποτελείται από τουλάχιστον 15 στοιχεία παρουσιάζει σχεδόν τον ίδιο κίνδυνο με το χαρτοφυλάκιο της κεφαλαιαγοράς.



Πηγή: Reilly & Brown. (2006). *Investment Analysis and Portfolio Management*

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται αυτό ακριβώς που αναφέραμε παραπάνω, ότι δηλαδή η αύξηση του αριθμού των στοιχείων σε ένα χαρτοφυλάκιο μειώνουν τον μη συστηματικό κίνδυνο, αφήνοντας μόνο το συστηματικό κίνδυνο να επιδράσει στο χαρτοφυλάκιο. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι πως τα νέα στοιχεία που εισέρχονται στο χαρτοφυλάκιο δεν πρέπει να είναι πλήρως συσχετισμένα με τα υπάρχοντα αξιόγραφα. Οι Wagner & Lau το 1971 ότι ένα χαρτοφυλάκιο για να έχει μόνο συστηματικό κίνδυνο, θα πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον 20 μετοχές. Από την άλλη ο Statman το 1987 συμπέρανε ότι θα πρέπει να περιλαμβάνει 30 μετοχές για έναν επενδυτή που δανείζεται και 40 για έναν επενδυτή που δανείζει. Τέλος, οι Παπαϊωάννου και Μυλωνάς το 1983, βρήκαν ότι αρκούν περίπου 10 μετοχές για να εξαλειφθεί ο συστηματικός κίνδυνος από ένα χαρτοφυλάκιο στο Χρηματιστήριο Αθηνών.

5. Το Υπόδειγμα Αποτίμησης Κεφαλαιουχικών Περιουσιακών Στοιχείων (Capital Asset Pricing Model-CAPM)

Ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα στην εποχή μας στην σύγχρονη χρηματοοικονομική είναι η ποσοτικοποίηση της σχέσης μεταξύ κινδύνου και απόδοσης, στα μέσα της δεκαετίας του 60' οι οικονομολόγοι William Sharpe, Jack Lintner και Mossin δημιούργησαν ένα μοντέλο αποτίμησης περιουσιακών στοιχείων, που είναι παγκοσμίως γνωστό ως *CAPM*. Αποτελεί μία προέκταση του υποδείγματος

Μέσου – Διακύμανσης (Mean–Variance) του Harry Markowitz(1952&1959). Η σημαντικότερη συνέπεια αυτού του μοντέλου είναι ότι συνδέει την αναμενόμενη απόδοση ενός περιουσιακού στοιχείου με τον κίνδυνο που περιέχεται σε αυτόν, γνωστό και ως βήτα (beta coefficient), ο οποίος εκφράζει τον κίνδυνο της συνδιακύμανσης ενός χρεογράφου με το χαρτοφυλάκιο της αγοράς.

Οι βασικές υποθέσεις κάτω από τις οποίες ισχύει το Υπόδειγμα Αποτίμησης Περιουσιακών Στοιχείων είναι οι εξής :

- i. Οι επενδυτές επιχειρούν να μεγιστοποιήσουν τη χρησιμότητα τους (ορθολογικοί επενδυτές) και θα επιλέξουν μεταξύ χαρτοφυλακίων, με κριτήρια τον κίνδυνο και την αναμενόμενη απόδοση.
- ii. Όλοι οι επενδυτές μπορούν να δανείζουν και να δανείζονται χωρίς περιορισμούς κεφάλαια στο επιτόκιο χωρίς κίνδυνο της αγοράς (r_f).
- iii. Όλοι οι επενδυτές έχουν τις ίδιες εκτιμήσεις για τις αναμενόμενες αποδόσεις, διακυμάνσεις και συνδιακυμάνσεις μεταξύ των αποδόσεων των μετοχών. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει ομοιογένεια στις προσδοκίες τους.
- iv. Δεν υπάρχει κόστος συναλλαγών, τα χρεόγραφα είναι πλήρως και άμεσα ρευστοποιήσιμα και τα περιουσιακά στοιχεία είναι πλήρως διαιρετά.
- v. Δεν υπάρχει φορολογία
- vi. Οι τιμές δίνονται εξωγενώς σε όλους και κανείς ατομικά ή σε ομάδες δεν μπορεί να τις επηρεάσει.
- vii. Οι ποσότητες των περιουσιακών στοιχείων είναι προσδιορισμένες.
- viii. Ο πληθωρισμός θεωρείται μηδενικός, τα επιτόκια και οι κεφαλαιαγορές βρίσκονται σε ισορροπία.

Λόγω των παραπάνω προϋποθέσεων προκύπτει ότι η αγορά είναι τέλεια και θεωρούμε ότι βρισκόμαστε σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον με ένα κεντρικό σημείο ισορροπίας από το οποίο μετράμε αποκλίσεις.

Βάσει των ανωτέρω, η απαιτούμενη απόδοση οποιασδήποτε επένδυσης μπορεί να εκφραστεί γενικότερα μέσω της σχέσης:

Απαιτούμενη απόδοση = Απόδοση χωρίς κίνδυνο + Ανταμοιβή για τον αναλαμβανόμενο κίνδυνο

Η αλγεβρική έκφραση της αυτής της σχέσης με την χρήση του συντελεστή β ως μέτρο της επικινδυνότητας ενός χρεογράφου γράφεται ως ακολούθως:

$$E(R_i) = R_f + \beta_i [E(R_m) - R_f] \quad (1)$$

Όπου,

$E(R_i)$: Αναμενόμενη απόδοση της μετοχής i

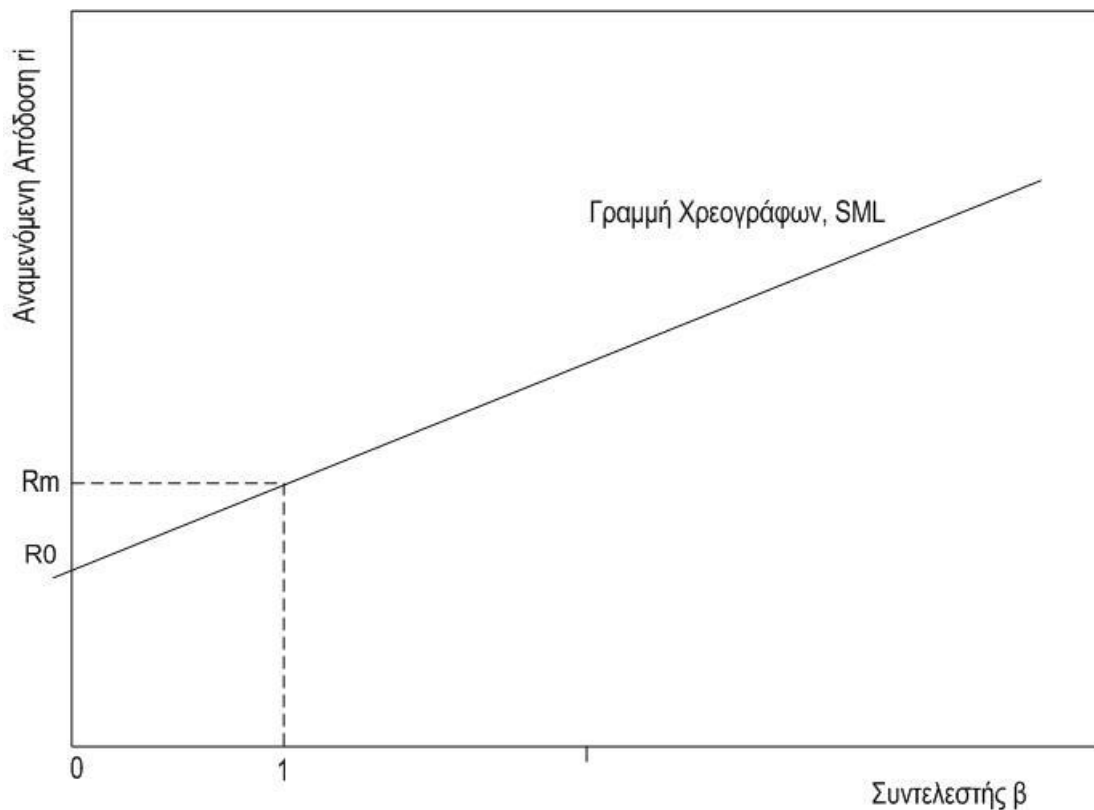
R_f : Το χωρίς κίνδυνο επιτόκιο της αγοράς

$E(R_m)$: Η αναμενόμενη απόδοση του χαρτοφυλακίου της αγοράς που περιέχει όλα τα περιουσιακά στοιχεία που υπάρχουν στην οικονομία

β_i : Η τιμή που έχει ο συστηματικός κίνδυνος της μετοχής i , ορίζεται από το CAPM και είναι η κλίση της ευθείας της παλινδρόμησης της αναμενόμενης απόδοσης.

Επίσης ισχύει η σχέση $\beta_i = \text{Cov}(R_i - R_m) / \text{Var}(R_m)$, όπου ο αριθμητής συμβολίζει την συνδιακύμανση μεταξύ των αποδόσεων της μετοχής i και του χαρτοφυλακίου m που περιέχει όλα τα περιουσιακά στοιχεία που υπάρχουν στην οικονομία

Η εξίσωση (1) ονομάζεται και γραμμή χρεογράφων SML (Security Market Line) και αποτυπώνει τη σχέση κινδύνου απόδοσης μεμονωμένων περιουσιακών στοιχείων (δηλαδή και των μη αποτελεσματικών χαρτοφυλακίων). Βάσει της μορφής της ως γραμμική αύξουσα συνάρτηση του συστηματικού κινδύνου συνάγεται ότι χρεόγραφα με υψηλότερα β θα έχουν υψηλότερες αναμενόμενες αποδόσεις και αντιστρόφως.



Στο παραπάνω γράφημα παρατηρούμε ότι η γραμμή χρεογράφων SML τέμνει τον άξονα των αναμενόμενων αποδόσεων στο σημείο που ορίζεται η απόδοση της μετοχής χωρίς κίνδυνο. Σε εκείνο το σημείο ο συντελεστής β είναι ίσος με 0, κάτι απόλυτα φυσιολογικό αφού βρισκόμαστε σε μια risk free περίπτωση. Στο σημείο όπου $\beta=1$, η αναμενόμενη απόδοση της μετοχής είναι ίση με την αναμενόμενη απόδοση της αγοράς.

Αναγκαία ήταν η δημιουργία ενός γραμμικού μοντέλου για την εκτίμηση του συντελεστή β . Ο πιο απλός τρόπος εκτίμησής του είναι η εύρεση της ιστορικής του τιμής, η οποία προκύπτει από την απλή γραμμική παλινδρόμηση των παρελθουσών αποδόσεων r_i της μετοχής I στις παρελθούσες αποδόσεις της αγοράς r_M (γενικός δείκτης Χ.Α.Α.) Το υπόδειγμα είναι το εξής :

$$r_i = \alpha_i + \beta_i r_M + e_i \quad (2)$$

Όπου,

e_i , είναι τα σφάλματα κάτω από τις υποθέσεις του CAPM που εκφράζουν τον ειδικό κίνδυνο της μετοχής λόγω τυχαίων παραγόντων που αφορούν αποκλειστικά την επιχείρηση. Οι εκτιμήσεις του συντελεστή β υπολογίζεται μέσω της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων τα χρεόγραφα που έχουν $\beta > 1$ ονομάζονται «επιθετικά», ενώ εκείνα που έχουν $\beta < 1$ ονομάζονται «αμυντικά».

Αξίζει να αναφερθεί ότι το παραπάνω γραμμικό υπόδειγμα παραβιάζεται σε μερικές συγκεκριμένες περιπτώσεις. Αρχικά υπάρχει το πρόβλημα της αυτοσυσχέτισης, το οποίο προκύπτει όταν οι διακυμάνσεις των διαταρρακτικών όρων δεν είναι σταθερές και η συνδιακύμανση όλων των διαταρρακτικών όρων δεν ισούται με το μηδέν, άλλη μια κύρια προϋπόθεση για να μην παραβιάζεται το γραμμικό υπόδειγμα για την εκτίμηση του β_i είναι να μην παραβιάζεται η Κανονικότητα της εξαρτημένης μεταβλητής r_i . Άλλη μια βασική προϋπόθεση του απλού γραμμικού μοντέλου είναι ότι τα σφάλματα του μοντέλου (2) είναι ομοσκεδαστικά με σταθερή διακύμανση σ^2 , κάτι που στην πραγματικότητα δεν ισχύει αφού οι διακυμάνσεις των διαταρρακτικών όρων μεταβάλλονται μεταξύ διαφορετικών χρονικών περιόδων.

Όπως γίνεται αντιληπτό, είναι απίθανο να μην παραβιαστούν οι παραπάνω υποθέσεις, αφού στην πραγματικότητα δεν υπάρχει μια τέλεια και αποτελεσματική αγορά. Για παράδειγμα, οι επενδυτές δεν μπορούν να δανείζουν και να δανείζονται κεφάλαια δίχως περιορισμούς και χωρίς κίνδυνο της αγοράς. Ο William Sharpe είχε αναφέρει ότι η υπόθεση αυτή είναι μη ρεαλιστική, αλλά οι συγκεκριμένες υποθέσεις είναι αναγκαίες αφού είναι εκείνες που προσφέρουν συνθήκες ισορροπίας, οι οποίες είναι απαραίτητες για την διαμόρφωση του υποδείγματος CAPM.

Το 1972 ο Fisher Black ξεκίνησε την πρώτη βελτίωση του υποδείγματος. Στην ουσία πρότεινε ένα υπόδειγμα χωρίς δανεισμό στο επιτόκιο της αγοράς r_f , αλλά με την δυνατότητα μικρών πωλήσεων χρεογράφων υψηλού κινδύνου. Η σχέση αυτή που δίνει την απαιτούμενη απόδοση εκφράζεται από τον τύπο

$$\bar{r}_i = r_f + (r_M - r_f)\beta_i$$

Όπου

r_z είναι η απαιτούμενη απόδοση των περιουσιακών στοιχείων που είναι ασυσχέτιστα με την αγορά.

Αν υπάρχουν περιουσιακά στοιχεία χωρίς κίνδυνο καθώς και δανεισμός στο επιτόκιο χωρίς κίνδυνο, τότε το r_z ισούται με το r_{fr} και καταλήγουμε στην εξίσωση (1) του W. Sharpe.

Η γραμμή παλινδρόμησης θα προκύψει από το παρακάτω μοντέλο με 2 παράγοντες

$$r_i = a_i + \beta_i r_M + (1 - \beta_i) r_z + e_i$$

6. Κριτική του CAPM - Αποτελέσματα Εμπειρικών Ερευνών

Το CAPM είναι ένα θεωρητικό μοντέλο αποτίμησης της απόδοσης ενός χαρτοφυλακίου ή ενός αξιόγραφου με εξαιρετικά μεγάλη χρησιμότητα, αλλά με αρκετά ελαττώματα.

Το πρώτο κύριο ελάττωμά του είναι οι περιορισμοί του. Υποθέτει ότι η απόδοση του εκάστοτε χαρτοφυλακίου εξαρτάται μόνο από τον συστηματικό κίνδυνο β και την απόδοση του χαρτοφυλακίου της αγοράς, κάτι που δεν ισχύει. Στην πραγματικότητα η απόδοση μιας μετοχής είναι συνάρτηση πολλών περισσότερων παραγόντων όπως του κινδύνου της χώρας, των διεθνών οικονομικών γεγονότων που αλλάζουν την ιστορία των μετοχών μέρα με την μέρα και άλλων. Άλλο ένα πρόβλημα είναι πως το CAPM αναφέρεται για διαφοροποιημένα χαρτοφυλάκια, το οποίο όπως αναφέραμε παραπάνω περιλαμβάνει όλα τα δυνατά στοιχεία που προσφέρονται για επένδυση. Ένα τέτοιο χαρτοφυλάκιο είναι αδύνατον να υπάρξει, για αυτό και χρησιμοποιείται κάποιος δείκτης του εκάστοτε χρηματιστηρίου.

Επίσης το CAPM υποθέτει ότι ο συντελεστής β από μόνος του εξηγεί όλη την διακύμανση των αποδόσεων, κάτι που δεν ισχύει. Το 1977 ο S. Basu αμφισβήτησε το μοντέλο και έλεγξε τους λόγους P/E (Price/Earnings), έτσι ώστε να μπορέσει να ερμηνεύσει την απόδοση των αξιόγραφων. Υπήρξαν και άλλες μελέτες που

αμφισβήτησαν αυτό το μοντέλο με κυριότερες των I. Friend, R. Westerfield και M. Granito το 1978 και των E. Fama και K. French το 1992. παρόλα αυτά το υπόδειγμα αποτίμησης περιουσιακών στοιχείων παραμένει ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο, αφού η εφαρμογή του συνεχίζεται σε διάφορους τομείς της χρηματοοικονομικής και πιο συγκεκριμένα για την εκτίμηση του κινδύνου μιας μετοχής σε σχέση με την χρηματιστηριακή αγορά,

Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι οι συσχετίσεις μεταξύ των τιμών της μεταβλητότητας είναι ισχυρότερες σε σύγκριση με τις τιμές των αποδόσεων. Επίσης σε πτωτικές περιόδους η τιμές των συσχετίσεων τείνουν να αυξάνονται. Αξίζει να αναφερθεί ότι εξαιτίας της σύνθετης δομής της μεταβλητότητας σε χρονοσειρές, οι προβλέψεις διαφοροποιούνται αναφορικά με τα τρέχοντα επίπεδα της μεταβλητότητας και τη δομή της. Στη περίπτωση που οι τιμές των αποδόσεων είναι λευκός θόρυβος, ανεξάρτητες και ισόνομες, τότε η διακύμανση των αποδόσεων μπορεί να προβλεφθεί ως ένα πολλαπλάσιο της διακύμανσης μιας άλλης περιόδου. Βέβαια, συνήθως, η χρονολογική σειρά της μεταβλητότητας προβλέπεται από την σχέση $\sigma_t = \phi \sigma_{t-1} + e_t$, με το ϕ να είναι στατιστικά ίσο με 1.

Το κυριότερο πρόβλημα στις προβλέψεις της μεταβλητότητας είναι στην επιλογή του χρονικού ορίζοντα. Η ακρίβεια της πρόβλεψης βελτιώνεται όσο η συχνότητα της δειγματοληψίας αυξάνεται σε σχέση με τον ορίζοντα της πρόβλεψης. Ωστόσο το 1997 ο Filewski βρήκε ότι το σφάλμα της πρόβλεψης διπλασιάζεται όταν χρησιμοποιούνται ημερήσια αντί για μηνιαία δεδομένα για την πρόβλεψη της μεταβλητότητας σε χρονικό ορίζοντα 2 ετών και άνω. Από την άλλη όταν ο ορίζοντας είναι από 10 έτη και πάνω, η εκτίμηση της μεταβλητότητας είναι καλύτερη όταν γίνεται σε δεδομένα με μικρή συχνότητα, όπως ημερήσια ή εβδομαδιαία. Γενικά ισχύει ότι οι προβλέψεις που βασίζονται σε υποδείγματα χάνουν την υπεροχή τους όταν ο ορίζοντας πρόβλεψης αυξάνεται σε σχέση με την συχνότητα των δεδομένων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Επισκόπηση της Σχετικής Βιβλιογραφίας

Η πρόβλεψη της μεταβλητότητας των αποδόσεων στην χρηματιστηριακή αγορά έχει μεγάλη σημασία τόσο για τους επενδυτές όσο και για τους εμπόρους, αφού η πρόβλεψη της μεταβλητότητας δίνει την δυνατότητα να λαμβάνονται αποφάσεις με αρκετά μειωμένο κίνδυνο. Οι πρόσφατες οικονομικές αναταράξεις, που βιώνει όλος ο πλανήτης, έδειξαν για ακόμη μια φορά τη σημασία της μέτρησης της αβεβαιότητας στις χρηματοπιστωτικές αγορές. Εύλογη λοιπόν θα ήταν η ερώτηση, με ποιους τρόπους μπορεί να προβλεφθεί η μεταβλητότητα και ποια μέθοδος φέρνει τα καλύτερα αποτελέσματα. Η πρόβλεψη της μεταβλητότητας έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον πολλών ακαδημαϊκών με αποτέλεσμα έπειτα από έρευνες να έχουν προκύψει μερικά μοντέλα που επιτυγχάνουν αυτήν την πρόβλεψη. Μερικά μοντέλα είναι απλά, όπως τα υποδείγματα παλινδρόμησης, ο τυχαίος περίπατος, ο κινητός μέσος και η εκθετική εξομάλυνση, και μερικά άλλα είναι πιο πολύπλοκα, όπως τα υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικά υποδείγματα, τα λεγόμενα GARCH μοντέλα.

Ο Akgiray (1989) ήταν ο πρώτος που χρησιμοποίησε το μοντέλο GARCH για την πρόβλεψη της μεταβλητότητας δείχνοντας ότι τα GARCH προσφέρουν καλύτερη πρόγνωση σε σύγκριση με άλλα πιο απλά μοντέλα όπως ο Τυχαίος Περίπατος (Random Walk), ο Ιστορικός Μέσος (Historical Mean), ο Κινητός Μέσος (Moving Average) και η Εκθετική Εξομάλυνση (Exponential Smoothing), όταν εφαρμόζεται σε μηνιαία στοιχεία στην χρηματιστηριακή αγορά των ΗΠΑ. Επίσης οι Cao και Tsay (1992) βρήκαν ότι το μοντέλο TGARCH υπερτερεί έναντι των μοντέλων ARCH, GARCH και EGARCH, όταν όμως εφαρμόζεται σε ημερήσια στοιχεία στην αγορά της Σιγκαπούρης. Από την άλλη πλευρά οι Dimson και Marsh (1990) ασχολήθηκαν με τα πιο απλά μοντέλα, όπως τυχαίος περίπατος, κινητό μέσο όρο, εκθετική εξομάλυνση και υποδείγματα παλινδρόμησης σε τριμηνιαία στοιχεία της χρηματιστηριακής αγοράς του Ηνωμένου Βασιλείου καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η εκθετική εξομάλυνση και τα μοντέλα παλινδρόμησης δίνουν τα

καλύτερα αποτελέσματα. Να σημειωθεί ότι στην συγκεκριμένη έρευνα δεν χρησιμοποιήθηκαν καθόλου τα ARCH μοντέλα.

Καθώς περνάνε τα χρόνια γίνονται όλο και περισσότερες έρευνες με αποτέλεσμα να έχουμε πολλά διαφορετικά συμπεράσματα για διάφορες χρηματιστηριακές αγορές. Το 1991 ο Τσε δείχνει ότι ο EWMA (Exponentially Weighted Moving Average) είναι ανώτερος των μοντέλων ARCH χρησιμοποιώντας εβδομαδιαία στοιχεία της Ιαπωνικής αγοράς. Άξιο αναφοράς είναι ότι οι Τσε και Tung 1 χρόνο μετά κατέληξαν στο ίδιο ακριβώς συμπέρασμα, αλλά αυτή τη φορά η έρευνα έγινε πάνω σε εβδομαδιαία στοιχεία από την αγορά της Σιγκαπούρης. Οι Brailsford και Faff το 1996 διερεύνησαν την ικανότητα πρόβλεψης διάφορων υποδειγμάτων, όπως η παλινδρόμηση και τα ARCH σε ημερήσια δεδομένα της αγοράς της Αυστραλίας. Το αποτέλεσμα αυτής της έρευνας ήταν πως το πιο αποτελεσματικό μοντέλο ήταν το GJR-GARCH (The Glosten-Jagannathan-Runkle GARCH model, 1993).

Οι πρώτοι που ασχολήθηκαν με περισσότερες αγορές στην ίδια έρευνα ήταν οι Franses και van Dijk το 1996, αφού ασχολήθηκαν με εβδομαδιαία στοιχεία από χρηματιστηριακές αγορές όπως η Ολλανδία, η Γερμανία, η Ισπανία, η Ιταλία και η Σουηδία. Σε αυτήν την έρευνα χρησιμοποιήθηκε τα GJR-GARCH, GARCH(1,1) και QGARCH μοντέλα, με το δεύτερο να αποδεικνύεται πιο σταθερό στις προβλέψεις του. Το 2002 πήραν σειρά οι Balaban, Bayar και Faff, οι οποίοι ασχολήθηκαν με στοιχεία από 14 χώρες και παρατήρησαν ότι τα πιο απλά μοντέλα παράγουν καλύτερες προβλέψεις έναντι των μοντέλων ARCH.

Έπεται οι Pan και Zhang το 2006 χρησιμοποιούν κινητό μέσο όρο, ιστορικό μέσο, τυχαίο περίπατο, GARCH, GJR-GARCH, EGARCH και APARCH (Asymmetric Power ARCH) για την πρόβλεψη της μεταβλητότητας του χρηματιστηριακού δείκτη της Σαγκάης. Εδώ παρατηρήθηκε ότι ο κινητός μέσος όρος φέρνει καλύτερα αποτελέσματα για ημερήσια μεταβλητότητα. Την επόμενη ακριβώς χρονιά, οι Magnus και Fosu (2007) απασχολούνται με τον τυχαίου περιπάτο, και τα μοντέλα GARCH (1,1), TGARCH (1,1) και EGARCH (1,1) για την πρόβλεψη της μεταβλητότητας σε στοιχεία του χρηματιστηρίου της Γκάνας. Τα αποτελέσματα

έδειξαν ότι το μοντέλο GARCH (1,1) ήταν το καλύτερο, ενώ ο τυχαίος περίπατος και το μοντέλο EGARCH κάνουν την χειρότερη πρόβλεψη.

Τέλος, στις πιο πρόσφατες έρευνες, το 2011 ο Asarkya ασχολήθηκε με εβδομαδιαία στοιχεία του χρηματιστηρίου της Τουρκίας, χρησιμοποιώντας όλα τα απλά αλλά και μη συμμετρικά μοντέλα (ARCH). Το συμπέρασμα ήταν πως ανάμεσα στα απλά μοντέλα, η εκθετική εξομάλυνση φάνηκε να έχει τα καλύτερα αποτελέσματα, σε αντίθεση με τον ιστορικό μέσο που είχε τα χειρότερα. Ανάμεσα στις ασύμμετρες συναρτήσεις τα καλύτερα αποτελέσματα ήρθαν μέσα από το EGARCH μοντέλο και το αμέσως επόμενο το GJR-GARCH. Το 2014 στην Ινδία, οι Saini και Mittal χρησιμοποίησαν ARMA μοντέλα καθώς επίσης και στοχαστικά (Stochastic Volatility Models), με τα στοχαστικά να επικρατούν έναντι των ARMA υποδειγμάτων, όταν εφαρμόζεται σε ημερήσια δεδομένα της χρηματιστηριακής αγοράς της Ινδίας. Μία από τις πιο πρόσφατες έρευνες έγινε το 2015 στην Μαλαισία από τους Syazwani & Nursilah, οι οποίοι έδειξαν ότι τα EWMA μοντέλα έπειτα από την διαδικασία Bootstrap έφεραν πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται ενδεικτικά ορισμένες μελέτες που έχουν ως αντικείμενο την πρόβλεψη της μεταβλητότητας μέσα από διάφορα υποδείγματα πρόβλεψης για διάφορες χρηματιστηριακές αγορές στον κόσμο.

Χώρες που μελετήθηκαν	Συγγραφέας-Έτος	Χρηματιστηριακή Αγορά	Περίοδος-Συχνότητα Στοιχείων
USA	Akgiray (1989)	CRSP VW &EW indices	1963-1986,ημερήσια
	Pagan & Schwert (1990)	US stock market	1834-1937,ημερήσια
	Hamilton & Lin (1996)	Excess stock returns	1965-1993,μηνιαία
	Brooks (1998)	DJ Composite	1978-1988,ημερήσια
UK	Dimson & Marsh (1990)	UK FT All Share	1955-1989,τριμηνιαία
	Loudon (2000)	FT All Share	1971-1997,ημερήσια
	McMillan (2000)	FTSE100	1984-1996,ημερήσια
ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ	Brailsford & Faff (1996)	Australian Statex	1974-1993,ημερήσια
	Walsh & Tsou (1998)	VW20,VW50,VW300	1993-1995,πεντάλεπτα
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	Bluhm & Yu (2000)	German DAX και VDAX	1966-1999,ημερήσια
ΙΑΠΩΝΙΑ	Tse (1991)	Topix Nikkei Stock Average	1986-1989,ημερήσια
ΚΑΝΑΔΑΣ	Doidge & Wei (1998)	Toronto 35 stock & European options	1988-1995,ημερήσια
ΣΟΥΗΔΙΑ	Frennberg & Hansson (1996)	VW Swedish stock market returns	1919-1990,μηνιαία
ΣΙΓΚΑΠΟΥΡΗ	Tse & Tung (1992)	Singapore,VW & industry indices	1975-1988,ημερήσια
ΝΕΑ ΖΗΛΑΝΔΙΑ	Yu (2002)	NZSE40	1980-1998,ημερήσια
ΟΛΛΑΝΔΙΑ,ΓΕΡΜΑΝΙΑ,ΙΣΠΑΝΙΑ,ΙΤΑΛΙΑ	Franses & Ghijssels (1999)	Αποδόσεις Χρημ. Αγορας των Χωρών	1983-1994,εβδομαδιαία
ΤΟΥΡΚΙΑ	Ahmet Asarkya (2011)	Istanbul Stock Exchange 100 Index	2002-2008,εβδομαδιαία
ΜΑΛΑΙΣΙΑ	Syazwani & Nursilah (2015)	FTSE Bursa Malaysia	2008-2011,ημερήσια
ΟΛΛΑΝΔΙΑ,ΓΕΡΜΑΝΙΑ,ΙΣΠΑΝΙΑ,ΙΤΑΛΙΑ,ΣΟΥΗΔΙΑ	Franses & van Dijk (1996)	Αποδ Χρημ. Αγορ των Χωρών	1986-1994,εβδομαδιαία
ΙΝΔΙΑ	Saini & Mittal (2014)	BSE Sensex	2006-2013,ημερήσιες

,

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Μεθοδολογίες Μέτρησης Πρόβλεψης της Μεταβλητότητας

1. Εισαγωγή

Όπως αναφέραμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, η πρόβλεψη της μεταβλητότητας είναι πολύ σημαντική κυρίως σε θέματα όπως η διαχείριση κινδύνου και η τιμολόγηση χρηματοοικονομικών προϊόντων. Υπάρχουν αρκετά μοντέλα πρόβλεψης, όμως σύμφωνα με την βιβλιογραφία κανένα από όλα αυτά τα μοντέλα δεν έχει αποδειχθεί ότι υπερτερεί σταθερά έναντι των υπολοίπων.

Μερικά υποδείγματα πρόβλεψης αναφέρονται ενδεικτικά παρακάτω:

- *Υποδείγματα χρονολογικών σειρών*
- *Υποδείγματα στοχαστικής μεταβλητότητας*
- *Υποδείγματα Long Memory*
- *Υποδείγματα βασισμένα στις τιμές αγοράς των δικαιωμάτων προαίρεσης*
- *Μη παραμετρικά υποδείγματα*
- *Οικονομετρικά μοντέλα πρόβλεψης*
- *Μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης-Τεχνητά Νευρωνικά δίκτυα*
- *Συνδυασμός μοντέλων πρόβλεψης*

Όταν αναφερόμαστε σε προβλέψεις, θα πρέπει πάντοτε να έχουμε υπ όψη τις πιο κάτω βασικές αρχές:

- i. Καμία πρόβλεψη δεν είναι τέλεια μιας και πάντα θα υπάρχει το στοιχείο της αβεβαιότητας και του σφάλματος, δηλαδή της διαφοράς μεταξύ της πρόβλεψης και της πραγματοποιηθείσας τιμής.
- ii. Μια πρόβλεψη είναι περισσότερο ακριβής για ομάδες στοιχείων και όχι για μεμονωμένα στοιχεία. Αυτό συμβαίνει γιατί οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές των στοιχείων αλληλοεξουδετερώνονται με αποτέλεσμα η ομάδα των στοιχείων να έχει σταθερή συμπεριφορά, ακόμα και αν τα μεμονωμένα στοιχεία συμπεριφέρονται με ασταθή τρόπο.
- iii. Όσο κοντινότερος είναι ο χρονικός ορίζοντας τόσο μικρότερος θα είναι ο βαθμός αβεβαιότητας. Ένα κλασσικό παράδειγμα είναι η πρόγνωση του καιρού. Με μεγαλύτερη βεβαιότητα μπορεί να προβλεφθεί ο καιρός της αυριανής μέρας και να βγει η πρόβλεψη αληθινή, παρά ο καιρός του επόμενου μήνα.

2. Υποδείγματα Χρονολογικών Σειρών

Πρόκειται για τα πιο διαδεδομένα υποδείγματα για την παραγωγή προβλέψεων χρηματοοικονομικών δεικτών, τα υποδείγματα αυτά βασίζονται στην υπόθεση πως η μεταβολή της τιμής ενός αγαθού ακολουθεί ένα συγκεκριμένο πρότυπο-κατανομή, το οποίο είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα επαναληφθεί. Οι πρώτοι που αναφέρθηκαν σε τέτοια υποδείγματα ήταν ο Stephen Brown το 1990, ο Engle το 1993 και ο Abdurrahman Aydemir το 1998.

Στη σχετική βιβλιογραφία αναφέρονται αρκετά υποδείγματα με τα κυριότερα να είναι τα *Ιστορικά Υποδείγματα* και τα *Υποδείγματα ARCH*.

Τα *Ιστορικά Υποδείγματα* είναι τα απλούστερα στην κατασκευή τους αλλά και στην εφαρμογή τους. Σε αντίθεση με τα μοντέλα *ARCH*, στα ιστορικά υποδείγματα η συμπεριφορά της μεταβλητότητας εξετάζεται ξεχωριστά από τις τιμές των δεικτών, επομένως και από τις αποδόσεις τους. Έτσι με αυτόν τον τρόπο τα συγκεκριμένα υποδείγματα καταφέρνουν να είναι λιγότερο περιοριστικά και είναι έτοιμα να ανταποκριθούν σε οποιαδήποτε μεταβολή της δυναμικής της μεταβλητότητας. Αξίζει να σημειωθεί ότι έχουν υπάρξει αρκετές έρευνες που δείχνουν τις εξαιρετικές τους επιδόσεις στην πρόβλεψη της μεταβλητότητας.

Τα ιστορικά υποδείγματα βασίζονται στις προβλέψεις τους στις ιστορικές τιμές της μεταβλητότητας, οι οποίες στην ουσία είναι δειγματικές τυπικές αποκλίσεις των αποδόσεων. Στη σχετική βιβλιογραφία εμφανίζονται πολλοί τύποι ιστορικών υποδειγμάτων για την πρόβλεψη της μεταβλητότητας και χωρίζονται στις εξής κατηγορίες : α) υποδείγματα μίας κατάστασης και β) υποδείγματα αλλαγής σταδίου/καθεστώτος

Τα κυριότερα υποδείγματα μιας κατάστασης είναι τα εξής:

- Υποδείγματα Τυχαίου Περιπάτου
- Υπόδειγμα Ιστορικής Μέσης Τιμής
- Υπόδειγμα Κινητού Μέσου
- Εκθετική Εξομάλυνση
- Εκθετικός Σταθμικός Κινητός Μέσος
- Παλινδρόμηση

2.1. Υποδείγματα Τυχαίου Περιπάτου

Το υπόδειγμα τυχαίου περιπάτου είναι το απλούστερο μοντέλο για την πρόβλεψη της μεταβλητότητας. Το μοντέλο αυτό θεωρεί ότι η μεταβλητότητα μεταβάλλεται τυχαία και κατά συνέπεια το πιο σωστό είναι να θεωρήσουμε πως δεν υπάρχει μεταβολή μεταξύ δύο διαδοχικών περιόδων. Δηλαδή, αν θέλουμε να προβλέψουμε ποια θα είναι η μεταβλητότητα αύριο, αρκεί να πούμε ότι θα είναι ίση με την μεταβλητότητα σήμερα. Γενικά ισχύει πως $\sigma_{t+1} = \sigma_t$ και $E[Y_{t+1}/Y_0, Y_1, \dots, Y_t] = Y_t$.

Από την πλευρά της στατιστικής ο ορισμός του τυχαίου περιπάτου είναι ο ακόλουθος.

Έστω ότι έχουμε N ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές με ίδια κατανομή X_1, X_2, \dots, X_N με μέση τιμή 0. Επομένως όλα τα X_i έχουν κοινές ροπές και ροπή δεύτερης τάξης ίσης με $E[X_i^2] = \sigma^2$. Επίσης από την ανεξαρτησία των τιμών ισχύει ότι $E[X_i X_j] = \delta_{ij} \sigma^2$ για $i, j = 1, 2, \dots, N$, όπου η τιμή δ είναι η συνάρτηση Δέλτα που παίρνει τιμή 1 για $i=j$ και τιμή 0 διαφορετικά, το άθροισμα των ανεξάρτητων τυχαίων μεταβλητών $Y = \sum X_i$ είναι ένας τυχαίος περίπατος. Θεωρώντας ότι αντιστοιχεί σε χρονικά βήματα και συνεχώς αυξάνει, έχουμε την διαδικασία του τυχαίου περιπάτου (random walk process) $\{Y_n\}$ σε διακριτό χρόνο και ισχύουν τα εξής :

$$E[Y_n] = 0 \quad \text{ΚΑΙ} \quad E[Y_n^2] = n\sigma^2$$

Από τον τύπο της δεύτερης ροπής καταλαβαίνουμε ότι η διασπορά του τυχαίου περιπάτου αυξάνεται γραμμικά με τον αριθμό των χρονικών βημάτων n .

Αντίστοιχα ο τυχαίος περίπατος μπορεί να οριστεί και για συνεχή χρόνο, αρκεί να θεωρηθεί ότι ο χρόνος μεταξύ δύο βημάτων τείνει στο 0, η μέση τιμή είναι μηδέν, η διασπορά είναι $E[Y(t)^2] = \frac{\sigma^2}{\tau_s} t = Dt$, όπου $D = \frac{\sigma^2}{\tau_s}$ είναι ο συντελεστής διάχυσης.

Η στοχαστική διαδικασία $\{Y(t)\}$ του τυχαίου περιπάτου σε συνεχή χρόνο λέγεται Wiener διαδικασία.

Παρόλο που επρόκειτο για ένα αρκετά απλό μοντέλο, σύμφωνα με μελέτες είναι ένα μοντέλο με αρκετά καλές επιδόσεις και αποτελέσματα.

2.2 Υπόδειγμα Ιστορικής Μέσης Τιμής

Η μεθοδολογία αυτή προβλέπει την μελλοντική μεταβλητότητα βασισμένη σε ολόκληρο το υπό διάθεση τυχαίο δείγμα. Πιο συγκεκριμένα, λαμβάνει υπόψη όλες τις διαθέσιμες τιμές της μεταβλητότητας μέχρι και την αμέσως προηγούμενη περίοδο. Δηλαδή ο τύπος για την ιστορική μέση τιμή δίνεται από την σχέση

$$\hat{\sigma}_t = \frac{1}{t}(\sigma_1 + \dots + \sigma_{t-1} + \sigma_t).$$

Όπως γίνεται αντιληπτό από την παραπάνω σχέση, το συγκεκριμένο υπόδειγμα προσδίδει την ίδια βαρύτητα σε όλες τις προηγούμενες περιόδους. Αυτό δεν είναι και ό,τι καλύτερο τις περισσότερες φορές, αφού δεν είναι φυσιολογικό να δίνεται η ίδια βαρύτητα σε μια πρόσφατη τιμή και σε μια αρκετά μακρινή χρονικά τιμή.

2.3. Υπόδειγμα Κινητού Μέσου

Το υπόδειγμα αυτό μοιάζει πολύ με εκείνο της ιστορικής μέσης τιμής με την μόνη διαφορά ότι λαμβάνει τις σχετικά πιο πρόσφατες παρατηρήσεις. Σύμφωνα λοιπόν με αυτό το υπόδειγμα, η μεταβλητότητα μια χρονικής περιόδου $t+1$ (δηλαδή μια χρονική περίοδο μπροστά από αυτήν που βρισκόμαστε τώρα) εκτιμάται από τον μέσο όρο των τα πιο πρόσφατων τιμών και δίνεται από την σχέση $\hat{\sigma}_{t+1} = \frac{1}{\tau}(\sigma_t + \sigma_{t-1} + \dots + \sigma_{t-\tau+1})$.

Το πλεονέκτημα αυτού του υποδείγματος σε σύγκριση με εκείνο της ιστορικής μέσης τιμής είναι πως πλέον έχουν εξουδετερωθεί οι παλαιότερες τιμές οι οποίες επηρέαζαν το αποτέλεσμα. Η τιμή του τα επιλέγεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορέσει να ελαχιστοποιηθεί το μέσο τετραγωνικό σφάλμα. Για $\tau=1$ μεταφερόμαστε σε ένα υπόδειγμα τυχαίου περιπάτου.

2.4. Εκθετική Εξομάλυνση

Το συγκεκριμένο υπόδειγμα χρησιμοποιεί μόνο της πραγματική τωρινή τιμή και την πρόβλεψη της προηγούμενης περιόδου. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι πως και οι δύο τιμές έχουν δύο διαφορετικά βάρη, με το άθροισμα των δύο βαρών να ισούται με την μονάδα. Πιο αναλυτικά, μια πρόβλεψη με την μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης δίνεται από την σχέση $\hat{\sigma}_t = a\sigma_t + (1-a)\hat{\sigma}_{t-1}$ με $0 \leq a \leq 1$. Η παράμετρος a ονομάζεται σταθερά της εκθετικής εξομάλυνσης και η σταθερά $(1-a)$ καλείται παράμετρος εξομάλυνσης. Η τιμή του a ορίζεται με βάση την εμπειρία του ερευνητή που κάνει την πρόβλεψη καθώς επίσης και από τα χαρακτηριστικά του μεγέθους που θέλουμε να προβλέψουμε.

Για παράδειγμα, αν εκτιμούμε ότι το μέγεθος έχει σχετική σταθερότητα στο χρόνο τότε θα δώσουμε μικρή τιμή στο a (συνήθως 0,2-0,3), ενώ αντίθετα αν περιμένουμε έντονες μεταβολές τότε το a θα πάρει μεγαλύτερες τιμές (συνήθως 0,7). Για $\beta=0$ επανερχόμαστε στην περίπτωση του τυχαίου περιπάτου, ενώ για $\beta \rightarrow 1$ τα αποτελέσματα της εκθετικής εξομάλυνσης προσεγγίζουν εκείνα της ιστορικής μέσης τιμής. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου που την κάνουν ευρέως χρησιμοποιούμενη είναι η μεγάλη ακρίβεια, η ευκολία υπολογισμού και η απαίτηση ελάχιστων δεδομένων για τον υπολογισμό μιας πρόβλεψης.

2.5. Εκθετικός Σταθμικός Κινητός Μέσος

Το υπόδειγμα αυτό είναι ίδιο με εκείνο του κινητού μέσου όρου με την διαφορά ότι σε αυτήν την περίπτωση έχουμε εκθετικά βάρη. Τα κοινά χαρακτηριστικά που έχει σε σχέση με τις παραπάνω μεθοδολογίες είναι πως βασίζεται στις πιο πρόσφατες τιμές της μεταβλητότητας και πως δίνει μεγαλύτερο βάρος στις πιο πρόσφατες παρατηρήσεις, με την βαρύτητα να μειώνεται γεωμετρικά. Το υπόδειγμα δίνεται από

$$\text{την σχέση } \hat{\sigma}_{t+1} = \frac{\sum_{i=1}^{\tau} b^i \sigma_{t-i+1}}{\sum_{i=1}^{\tau} b^i}.$$

Για να εκτιμηθεί η άριστη τιμή της παράμετρου εξομάλυνσης b , αρκεί να ελαχιστοποιήσουμε το μέσο τετραγωνικό σφάλμα.

2.6. Παλινδρόμηση

Αυτό το υπόδειγμα ανήκει στην κατηγορία των αιτιακών μοντέλων, δηλαδή εκείνων των μοντέλων που θεωρούν ότι η μεταβλητή που μας ενδιαφέρει να προβλέψουμε (εξαρτημένη μεταβλητή) είναι συνάρτηση μιας ή περισσότερων άλλων μεταβλητών (ανεξαρτητες μεταβλητές). Πιο συγκεκριμένα, σε αυτό το μοντέλο η μεταβλητότητα εκφράζεται μέσω μιας συνάρτησης που περιέχει προηγούμενες τιμές της μεταβλητότητας και δίνεται από τον τύπο:

$$\hat{\sigma}_{t+1} = \gamma + \beta_1\sigma_t + \beta_2\sigma_{t-1} + \dots + \beta_n\sigma_{t-n+1}$$

Οι συντελεστές β_i είναι οι βαρύτητες που αποδίδονται σε παρελθούσες τιμές της μεταβλητότητας, οι οποίοι δεν είναι προκαθορισμένοι και εκτιμώνται με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, όπως επίσης και η σταθερά γ .

Η μέθοδος της παλινδρόμησης στην ουσία έχει άμεση σχέση με τα αυτοπαλίνδρομα μοντέλα (autoregressive), με την μόνη διαφορά ότι στην παλινδρόμηση θα πρέπει να προστεθούν όλα τα τυχαία σφάλματα ε_i για κάθε προηγούμενη χρονική περίοδο, τα οποία σφάλματα ακολουθούν κανονική κατανομή με μέση τιμή 0 και τυπική απόκλιση σ^2 . Με αυτόν τον τρόπο θα έχουμε μεταφερθεί στο μοντέλο

$$\hat{\sigma}_{t+1} = \beta_1\sigma_t + \beta_2\sigma_{t-1} + \dots + \beta_n\sigma_{t-n+1} + \gamma_1\varepsilon_t + \gamma_2\varepsilon_{t-1} + \dots$$

Για να λειτουργήσει σωστά το παραπάνω υπόδειγμα πρέπει να ισχύουν μερικές υποθέσεις όσον αφορά την κατανομή του τυχαίου σφάλματος. Όπως προαναφέραμε, το τυχαίο σφάλμα ε_i θα πρέπει να έχει αναμενόμενη τιμή ίσο με το 0, δηλαδή

$$E(\varepsilon_i) = 0$$

Επίσης, θα πρέπει η διακύμανση των τιμών του τυχαίου σφάλματος να είναι σταθερή και ίση με σ^2 , δηλαδή

$$V(\varepsilon_i) = \sigma^2$$

Επιπλέον, οι τιμές ου τυχαίου σφάλματος θα πρέπει να είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, δηλαδή

$$E(\varepsilon_i \varepsilon_j) = 0$$

Άλλη μια απαραίτητη προϋπόθεση είναι πως οι τιμές του τυχαίου σφάλματος θα πρέπει να είναι ανεξάρτητες από τις τιμές των ερμηνευτικών μεταβλητών και επίσης να ακολουθούν κανονική κατανομή, δηλαδή

$$E(\varepsilon_i | \sigma_{t-k}) = 0 \quad \text{και} \quad \varepsilon_i \sim \text{iid } N(0, \sigma^2)$$

Στην περίπτωση που παραβιαστεί κάποια από τις παραπάνω υποθέσεις τότε προκύπτουν ορισμένα προβλήματα όπως:

- i. Παραβίαση κανονικότητας
- ii. Ετεροσκεδαστικότητα
- iii. Αυτοσυσχέτιση
- iv. Πολυσυγγραμικότητα

2.6.1. Παραβίαση κανονικότητας

Πρόκειται για μία καθοριστική υπόθεση, η οποία καθορίζει τις εκτιμήσεις που θα κάνουμε για τις παραμέτρους. Δίχως την κανονικότητα δεν μπορεί να γίνει κανένας στατιστικός έλεγχος για τις παραμέτρους του υποδείγματος. Η κανονικότητα των τιμών του τυχαίου σφάλματος ισχύει όταν οι συντελεστές ασυμμετρίας και κύρτωσης του λαμβάνουν τις τιμές μηδέν και τρία αντίστοιχα και για να ελέγξουμε αν όντως παίρνουν αυτές τις τιμές κάνουμε τον έλεγχο με βάση την στατιστική συνάρτηση LM. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονίσουμε ότι το πρόβλημα της κανονικότητας των τιμών του τυχαίου σφάλματος δεν είναι δυνατόν να αντιμετωπισθεί. Ο μοναδικός τρόπος αντιμετώπισης του είναι η μείωση του πλάτους των τιμών των παρατηρήσεων χρησιμοποιώντας λογαριθμικούς μετασχηματισμούς.

2.6.2. Ετεροσκεδαστικότητα

Η ετεροσκεδαστικότητα προκύπτει στην περίπτωση που οι τιμές του τυχαίου σφάλματος δεν έχουν σταθερή διακύμανση σ^2 . Πρόκειται για μία εξίσου σημαντική υπόθεση, αφού χωρίς αυτήν αμφισβητούνται οι εκτιμήσεις που κάνουμε με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Οι αιτίες εμφάνισης της ετεροσκεδαστικότητας οφείλεται κυρίως στο μέγεθος αλλά και στο είδος των παρατηρήσεων του δείγματος των μεταβλητών. Ένα σημαντικό πρόβλημα που προκύπτει μέσα από την ετεροσκεδαστικότητα είναι πως οι τα διαστήματα εμπιστοσύνης για την εκτίμηση των παραμέτρων του υποδείγματος καταλήγουν να είναι αρκετά μεγάλα με μεγάλο εύρος με αποτέλεσμα να απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση περί στατιστικής σημαντικότητας των εκτιμήσεων. Άρα με αυτόν τον τρόπο υπάρχει κίνδυνος να καταλήξουμε σε λανθασμένα συμπεράσματα και να δώσουμε λάθος ερμηνεία σε κάποιους συντελεστές.

2.6.3 Αυτοσυσχετιση

Ένας λόγος ύπαρξης αυτοσυσχέτισης είναι πως πολλές φορές στα υποδείγματα παλινδρόμησης υπάρχουν αρκετές χρονικές υστερήσεις, καθώς επίσης παραλείπονται σημαντικές ερμηνευτικές μεταβλητές. Όπως και παραπάνω, το κυριότερο πρόβλημα που δημιουργείται με τις αυτοσυσχετίσεις των τιμών του τυχαίου σφάλματος είναι πως δεν μπορούμε να είμαστε βέβαια για τις εκτιμήσεις και τους στατιστικούς μας ελέγχους. Οι μορφές με τις οποίες εμφανίζεται οι αυτοσυσχέτιση είναι πολυποίκιλες με τις πιο συνηθισμένη να είναι η αυτοσυσχέτιση πρώτου βαθμού, δηλαδή οι αυτοσυσχετίσεις των τιμών του τυχαίου σφάλματος οι οποίες απέχουν μεταξύ τους μια χρονική περίοδο.

2.6.4. Πολυσυγγραμικότητα

Με τον όρο της πολυσυγγραμικότητας εννοούμε την ύπαρξη μιας ή περισσότερων γραμμικών σχέσεων μεταξύ των ερμηνευτικών μεταβλητών ενός υποδείγματος παλινδρόμησης. Όσο οι μεταβλητές σχετίζονται μεταξύ τους, τόσο περισσότερο «χάνουμε» σημαντική πληροφορία. Όπως και με την αυτοσυσχέτιση, έτσι και εδώ όσο έχουμε πολυσυγγραμικότητα τόσο επηρεάζεται το εύρος των διαστημάτων

εμπιστοσύνης των συντελεστών του υποδείγματος. Επίσης επηρεάζεται η σταθερότητα και η αξιοπιστία των σημειακών εκτιμήσεων.

Βέβαια υπάρχουν ενδείξεις που αν ο ερευνητής τις προσέξει είναι δυνατόν να αντιληφθεί ότι υπάρχει πολυσυγγραμικότητα. Αρχικά θα πρέπει να κοιτάξει τον πίνακα συσχετίσεων (Correlation Matrix) των ανεξάρτητων μεταβλητών. Σε περίπτωση που στον πίνακα έχουμε μεγάλες τιμές (κατά απόλυτη τιμή), τότε έχουμε μια ισχυρή ένδειξη ότι οι ανεξάρτητες μεταβλητές που έχουμε χρησιμοποιήσει στο μοντέλο έχουν σε ισχυρό βαθμό κάποια συσχέτιση μεταξύ τους. Έτσι αντιλαμβανόμαστε ότι κάποιες μεταβλητές συνεισφέρουν ελάχιστα ή καθόλου στην πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής, επομένως θα πρέπει να αφαιρεθούν από το μοντέλο.

3. Αυτοπαλίνδρομα Υποδείγματα υπό Συνθήκη Ετεροσκεδαστικότητας

Έπεται από πολλές μελέτες οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μικρές και μεγάλες τιμές των καταλοίπων τείνουν να εμφανίζονται κατά ομάδες (volatility clustering) και επίσης παρατηρήθηκε ότι οι χρηματοοικονομικές χρονοσειρές χαρακτηρίζονται από έντονη ασυμμετρία και κύρτωση. Με λίγα λόγια, οι υποθέσεις που αναλύσαμε παραπάνω παραβιάζονται. Το πρόβλημα λοιπόν έρχεται στην δημιουργία μοντέλων που θα μπορούν να προβλέπουν ικανοποιητικά. Αυτά τα υποδείγματα ονομάζονται *αυτοπαλίνδρομα υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικότητας* (autoregressive conditional heteroscedasticity models) ή υποδείγματα ARCH ή υποδείγματα στοχαστικής αβεβαιότητας (SV models).

Το πρώτο υπόδειγμα δημιουργήθηκε από τον Engle το 1982, μελετώντας τον πληθωρισμό της Μεγάλης Βρετανίας. Ο Engle παρατήρησε ότι μεγάλα και μικρά σφάλματα πρόβλεψης τείνουν να εμφανίζονται, όπως προαναφέραμε, κατά ομάδες, κάτι που αποδεικνύει ότι η διακύμανση έχει έναν τύπο ετεροσκεδαστικότητας. Στη συνέχεια το 1986 ο Bollershev επινόησε την γενικευμένη μορφή υποδειγμάτων ARCH, γωστά και ως GARCH (generalized ARCH)

Όλα αυτά τα μοντέλα ανήκουν σε μια κατηγορία που ονομάζεται οικογένεια ARCH και θα αναπτυχθούν παρακάτω.

3.1. Υποδείγματα ARCH- Ιδιότητες

Τα υποδείγματα ARCH λαμβάνουν υπόψη τους έναν μεγάλο αριθμό παρατηρήσεων δίνοντας μεγαλύτερη βαρύτητα στις πιο πρόσφατες και μικρότερη βαρύτητα στις παλαιότερες. Έτσι με αυτόν τον τρόπο τα γεγονότα που συνέβησαν στο πιο μακρινό παρελθόν επηρεάζουν πολύ λίγο την μελλοντική μεταβλητότητα. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι σταθμίσεις που χρησιμοποιούνται σε αυτά τα υποδείγματα δεν είναι δεδομένες, αλλά υπολογίζονται με βάση τα ιστορικά στοιχεία της εκάστοτε χρονοσειράς. Μόλις υπολογιστούν και οριστούν αυτές οι σταθμίσεις, το υπόδειγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προβλεφθεί η μεταβλητότητα σε οποιαδήποτε μελλοντική στιγμή.

Ένα από τα πλεονεκτήματα αυτών των υποδειγμάτων είναι πως δεν χρησιμοποιούν τις δειγματικές τυπικές αποκλίσεις, αλλά σχηματίζουν την υπό συνθήκη διακύμανση h_t των αποδόσεων μέσω εκτίμησης μέγιστης πιθανοφάνειας. Επίσης είναι πολύ σημαντικό που μπορεί να προβλεφθεί η μεταβλητότητα μιας χρονικής περιόδου μετά, εφόσον γνωρίζω την αμέσως προηγούμενη. Άλλο ένα βασικό πλεονέκτημα είναι ότι αυτά τα υποδείγματα είναι σε θέση να φαινόμενο volatility clustering. Όπως προαναφέραμε, οι υψηλές τιμές της μεταβλητότητας τείνουν να ακολουθούνται από υψηλές τιμές και οι χαμηλές τιμές της μεταβλητότητας τείνουν να ακολουθούνται από χαμηλές. Μια περίοδος αυξημένης μεταβλητότητας μπορεί να οφείλεται σε κάποιο ιστορικό γεγονός όπως εκλογές, χρηματιστηριακό κραχ ή ακόμα και πόλεμος. Επίσης τα υποδείγματα ARCH είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν το φαινόμενο της μόχλευσης (leverage effect) κατά το οποίο μια αρνητική απόδοση ακολουθείται από σχετικά υψηλότερη μεταβλητότητα σε σύγκριση με μια θετική απόδοση που θα είναι ίση κατά απόλυτη τιμή με την αρνητική.

Μερικές ακόμα ιδιότητες των υποδειγμάτων ARCH είναι οι εξής :

- Τα τυποποιημένα κατάλοιπα εξακολουθούν να έχουν κύρτωση ακόμα και όταν χρησιμοποιείται η κατανομή Student-t
- Η μηδενική υπόθεση για ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας δεν απορρίπτεται .
- Απαιτούν μεγάλο πλήθος δεδομένων για να είναι όσο το δυνατόν πιο ανθεκτικές οι εκτιμήσεις.

- ο Δεν είναι σχεδιασμένα για την πρόβλεψη τιμών σε μακρινό ορίζοντα, καθώς δεν είναι κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να ενσωματώνονται νέα πληροφορίες από τις διαταραχές του μέλλοντος.

3.1.1 Ορισμός Υποδειγμάτων ARCH

Για να ορίσουμε ένα υπόδειγμα ARCH, αρχικά πρέπει να οριστούν οι αποδόσεις r_t ως εξής :

$$r_t = \mu + \varepsilon_t$$

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

Όπου το ε είναι μία διαδικασία λευκού θορύβου και το $z_t \sim N(0,1)$

Το υπόδειγμα ARCH(q) προτάθηκε από τον Engle και έχει ως εξής:

$$h_t = w + \sum_{j=1}^q a_j \varepsilon_{t-j}^2$$

με $w > 0$ και $a_j \geq 0$. Όπως αναφέραμε και παραπάνω η τιμή της μεταβλητότητας την χρονική στιγμή t είναι γνωστή κατά την χρονική περίοδο $t-1$. Γενικά μπορεί να θεωρηθεί ότι

$$E[\varepsilon_{t+\tau}^2] = h_{t+\tau}$$

Η απλή διακύμανση των αποδόσεων δίνεται από την σχέση

$$\sigma^2 = \frac{w}{1 - \sum_{j=1}^q a_j}$$

Ο ερευνητής εύκολα μπορεί να ξεγελαστεί και να θεωρήσει ότι το υπόδειγμα έχει αυτοσυσχετίσεις αλλά στην πραγματικότητα είναι ένα υπόδειγμα υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικό.

Επίσης αποδεικνύεται ότι

$$\text{Var}(y_t / \psi_{t-1}) = h_t$$

Όπου ψ_{t-1} είναι το πληροφοριακό σύνολο που έχουμε στα χέρια μέχρι την χρονική στιγμή $t-1$.

Σε ένα υπόδειγμα ARCH(q), μία μεγάλη διαταραχή αποτυπώνεται πάνω στην μεταβλητή h_t , η οποία φέρνει και μια μεγάλη διαταραχή στο σφάλμα ε_t . η διακύμανση του σφάλματος είναι μια αύξουσα συνάρτηση με χρονική υστέρηση q , χωρίς να ενδιαφέρεται για το πρόσημο, καθώς είναι υψωμένα στο τετράγωνο. Η τάξη της χρονικής υστέρησης q είναι αυτή που καθορίζει το μήκος του χρόνου στο οποίο μια διαταραχή την χρονική στιγμή t μπορεί να επηρεάσει την δεσμευμένη διακύμανση την χρονική στιγμή $t+1$. όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος της χρονικής υστέρησης q , τόσο μακρύτερο θα είναι το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο θα εκτείνονται οι επιδράσεις των διαταραχών. Η επιλογή του q γίνεται εμπειρικά.

3.1.2 Γενικευμένα Υποδείγματα GARCH

Μια ακόμη πιο γενική περίπτωση υποδειγμάτων ARCH αποτελεί το γενικευμένο υπόδειγμα ARCH ή αλλιώς GARCH(q,p) του οποίου η εξίσωση για την πρόβλεψη της διακύμανσης δίνεται από την σχέση

$$h_t = a_0 + \sum_{i=1}^q a_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p b_j h_{t-j}$$

Για την αναμενόμενη τιμή του τυχαίου σφάλματος στο εν λόγω υπόδειγμα ισχύει

$$E(\varepsilon_t) = E \left[u_t \left(a_0 + \sum_{i=1}^q a_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p b_j h_{t-j} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

Δεδομένου ότι οι μεταβλητές u και ε είναι ανεξάρτητες, προκύπτει ότι και οι μεταβλητές u και h είναι ανεξάρτητες άρα η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφτεί

$$E(\varepsilon_t) = E(u_t) E \left[\left(a_0 + \sum_{i=1}^q a_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p b_j h_{t-j} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

Για την διακύμανση του τυχαίου σφάλματος ισχύει ότι

$$Var(\varepsilon_t) = E(\varepsilon_t^2) = E \left[u_t \left(a_0 + \sum_{i=1}^q a_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p b_j h_{t-j} \right) \right]$$

Έπειτα από πράξεις καταλήγουμε στην σχέση

$$Var(\varepsilon_t) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q a_i Var(\varepsilon_{t-i}) + \sum_{j=1}^p b_j E(h_{t-j})$$

Για την υπό συνθήκη αναμενόμενη τιμή του τυχαίου σφάλματος στο υπό μελέτη υπόδειγμα θα ισχύει ότι

$$E(\varepsilon_t / \psi_{t-1}) = E \left[u_t \left(a_0 + \sum_{i=1}^q a_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p b_j h_{t-j} \right)^{\frac{1}{2}} \mid \psi_{t-1} \right]$$

Επίσης για την υπό συνθήκη διακύμανση του τυχαίου σφάλματος θα ισχύει

$$\text{Var}(\varepsilon_t | \psi_{t-1}) = h_t$$

Αποδεικνύεται λοιπόν ότι και στο υπόδειγμα GARCH(p,q) η υπό συνθήκη διακύμανση του τυχαίου σφάλματος της επόμενης χρονικής στιγμής είναι πλήρως ορισμένη τόσο από τις τιμές των καταλοίπων όσο και από τις τιμές της υπο συνθήκη διακύμανσης της τρέχουσας και των παρελθουσών περιόδων.

Για το GARCH(1,1) χρειάζονται οι περιορισμοί $a > 0$ και $b > 0$ ώστε να διασφαλίσουμε ότι η μεταβλητή h είναι αυστηρά θετική ποσότητα. Έχει βρεθεί ότι τα αποτελέσματα του υποδείγματος GARCH(1,1) είναι πολύ ικανοποιητικά.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα αυτών των υποδειγμάτων είναι ότι μπορεί να αφαιρέσει την υπερβολική κύρτωση των αποδόσεων. Από την άλλη, ένα μειονέκτημα είναι πως δεν μπορεί να περιγράψει την ασυμμετρία που παρουσιάζουν οι αποδόσεις, λόγω των συμμετρικών εξαρτήσεων που υποθέτει.

3.2. Μη Γραμμικά Υποδείγματα

Τα υποδείγματα ARCH/GARCH, όπως αναφέραμε παραπάνω δεν ασχολούνται με την κατεύθυνση την οποία παίρνουν οι αποδόσεις και εστιάζουν αποκλειστικά στο μέγεθος τους. Αυτό γίνεται αντιληπτό και από τους παραπάνω τύπους, στους οποίους παρατηρούμε ότι τα σφάλματα υψώνονται στο τετράγωνο. Εξακολουθεί παρόλα αυτά να υφίσταται το πρόβλημα της μόχλευσης. Για να αντιμετωπιστεί το συγκεκριμένο πρόβλημα επινοήθηκαν διάφορα μη γραμμικά μοντέλα ή αλλιώς μη συμμετρικά υποδείγματα GARCH, στα οποία η υπό συνθήκη διακύμανση δεν είναι γραμμική συνάρτηση του τετραγωνικού σφάλματος και της διακύμανσης. Τα πιο συνηθισμένα μη γραμμικά υποδείγματα είναι τα εξής:

- Το εκθετικό υπόδειγμα GARCH- EGARCH (Exponential GARCH)
- Το υπόδειγμα GJR- GARCH (Glosten, Jagannathan and Runkle)

- Το τετραγωνικό υπόδειγμα Q GARCH (Quadratic GARCH)
- Το υπόδειγμα C GARCH (Component GARCH)
- Το υπόδειγμα T GARCH (Threshold GARCH)
- Το υπόδειγμα RS-GARCH (Regime-switching GARCH)
- Το υπόδειγμα ST GARCH (Smooth Transition GARCH)
- Το υπόδειγμα FGARCH (Family GARCH)
- Το υπόδειγμα IGARCH (Integrated GARCH)
- Το υπόδειγμα GARCH-M (GARCH-in-mean)
- Το υπόδειγμα NGARCH (Nonlinear GARCH)

3.2.1 Το εκθετικό υπόδειγμα GARCH- EGARCH

Το συγκεκριμένο υπόδειγμα δημιουργήθηκε από τον Nelson το 1991 και εκφράζεται από την σχέση

$$\ln h_t = a_0 \sum_{j=1}^q b_j \ln h_{t-j} + \sum_{k=1}^p \left(\theta_k \psi_{t-k} + \gamma_k |\psi_{t-k}| - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right)$$

όπου $\psi_t = \frac{\varepsilon_t}{\sqrt{h_t}}$

σε αυτό το υπόδειγμα δεν χρειάζεται να τεθούν περιορισμοί στις τιμές των παραμέτρων ώστε να αποφευχθεί η αρνητική διακύμανση. Επίσης η μεταβλητή h εξαρτάται τόσο από το μέγεθος του δείγματος όσο και από το πρόσημο των καταλοίπων.

Με βάση την ασυμμετρία της μεταβλητότητας αναμένουμε ότι η μεταβλητότητα αυξάνεται περισσότερο αν παρατηρήσουμε μια αναπάντεχα αρνητική απόδοση από ότι θετική. Γενικά ισχύει ότι αν οι αποδόσεις έχουν μεγάλες και αρνητικές τιμές τότε η επίπτωση στη μεταβλητότητα είναι ισχυρά θετική. Αντίθετα, αν οι αποδόσεις είναι μεγάλες και θετικές η επίπτωση θα είναι και πάλι θετική αλλά σε μικρότερο μέγεθος τέλος αν οι αποδόσεις είναι πολύ μικρές, τότε η μεταβλητότητα μειώνεται.

3.2.2. Άλλα μη γραμμικά υποδείγματα

Το υπόδειγμα GJR- GARCH (TARCH)

Αυτό το υπόδειγμα αντιμετωπίζει την ασυμμετρία της χρονοσειράς της μεταβλητότητας και δίνεται από την σχέση

$$h_t = w + \sum_{i=1}^p b_i h_{t-i} + \sum_{j=1}^q a_j \varepsilon_{t-j}^2 + \delta_j D_{j,t-1} \varepsilon_{t-j}^2$$

Με την ποσότητα D να λαμβάνει την τιμή 1 εάν $\varepsilon_{t-1} < 0$ και την τιμή 0 εάν $\varepsilon_{t-1} \geq 0$

Η υπό συνθήκη διακύμανση είναι θετική όταν οι παράμετροι ικανοποιούν τις εξής συνθήκες :

$$\alpha_0 > 0, \alpha_i \geq 0, \alpha_i + \gamma_i \geq 0 \text{ και } b_j \geq 0$$

Η διαδικασία έχει στάσιμη συνδιακύμανση στην περίπτωση που ισχύει η σχέση

$$\sum_{i=1}^p b_i + \sum_{j=1}^q \left(a_j + \frac{1}{2} \gamma_j \right) < 1$$

Το τετραγωνικό υπόδειγμα Q GARCH

Δημιουργήθηκε το 1995 από τον Sentanta. Το μοντέλο αυτό αντιμετωπίζει την ασυμμετρία που προκύπτει από θετικά ή αρνητικά σοκ που υφίσταται η απόδοση μιας τιμής. Η σχέση του μοντέλου δίνεται από τον τύπο

$$h_t = w + a(\varepsilon_{t-1} - \gamma)^2 + bh_{t-1}$$

Το υπόδειγμα TGARCH

Το εν λόγω υπόδειγμα δημιουργήθηκε το 1994 από τον Zakoian. Το μοντέλο αυτό μοιάζει αρκετά με το GJR- GARCH με την μόνη διαφορά ότι σε αυτήν την περίπτωση επιλέχθηκαν οι απόλυτες τιμές των καταλοίπων και όχι τα τετράγωνα τους. Η σχέση για το συγκεκριμένο μοντέλο δίνεται από τον τύπο

$$\sigma_t = a_0 + \sum_{i=1}^p (a_i |\varepsilon_{t-i}| + \gamma_i D_{i,t-i} |\varepsilon_{t-i}|) + \sum_{j=1}^q b_j \sigma_{t-j}$$

$$D_{t-1} = \begin{cases} 1, & \text{εάν } \varepsilon_{t-1} < 0 \\ 0, & \text{εάν } \varepsilon_{t-1} \geq 0 \end{cases}$$

Η υπό συνθήκη διακύμανση είναι θετική όταν οι παράμετροι ικανοποιούν τις εξής συνθήκες :

$$\alpha_0 > 0, \alpha_i \geq 0, \alpha_i + \gamma_i \geq 0 \text{ και } b_j \geq 0$$

Το υπόδειγμα NGARCH

Δημιουργήθηκε από τους Engle και Ng το 1993 και δίνεται από την σχέση

$$\sigma_t^2 = a(\varepsilon_{t-1} - \theta\sigma_{t-1})^2 + b\sigma_{t-1}^2$$

Για χρηματιστηριακές χρονοσειρές, η παράμετρος θ είναι θετική και αντικατοπτρίζει την μόχλευση των τιμών.

Το υπόδειγμα IGARCH

Στην ουσία πρόκειται για ένα απλό μοντέλο GARCH με την μόνη διαφορά ότι τώρα θα πρέπει να ισχύει και η σχέση

$$\sum_{i=1}^p b_i + \sum_{i=1}^q a_i = 1$$

Αποδεικνύεται ότι για την πρόβλεψη της υπό συνθήκη διακύμανσης του τυχαίου σφάλματος του παραπάνω υποδείγματος σε χρονικό ορίζοντα πρόβλεψης K ισχύει ότι

$$E(\varepsilon_{t+K}^2 | \Psi_{t-1}) = K a_0 + E(\varepsilon_t^2 | \Psi_{t-1})$$

Όπως γίνεται αντιληπτό, η παραπάνω ποσότητα μεγαλώνει όσο αυξάνεται η ποσότητα K , δηλαδή ο χρονικός ορίζοντας, κάτι που είναι τελείως φυσιολογικό.

3.3 Υποδείγματα Στοχαστικής Μεταβλητότητας

Τα συγκεκριμένα υποδείγματα είναι περισσότερο θεωρητικά και δεν χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα στην πράξη για πρόβλεψη της μεταβλητότητας. Εμφανίστηκαν για πρώτη φορά το 1987 από τους Hull και White, οι οποίοι τιμολόγησαν δικαιώματα προαίρεσης Ευρωπαϊκού τύπου. Γενικά τα στοχαστικά υποδείγματα βασίζονται σε μια διαφορετική λογική από ότι τα υπόλοιπα υποδείγματα που έχουμε αναφέρει, με αποτέλεσμα να γίνεται πιο δύσκολη η εφαρμογή τους.

Σύμφωνα με τον Ross το συγκεκριμένο υπόδειγμα δίνεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\begin{aligned} r_t &= \mu + \varepsilon_t \\ \varepsilon_t &= z_t \exp(0,5h) \\ h_t &= w + bh_{t-1} + u_t \end{aligned}$$

Σε σχέση με τα υποδείγματα ARCH, τα υποδείγματα στοχαστικής μεταβλητότητας είναι περισσότερο ευέλικτα και προσαρμόζονται καλύτερα χρηματιστηριακά δεδομένα. Επίσης τα σφάλματά τους ακολουθούν κατανομή που προσαρμόζεται καλύτερα στην κανονική κατανομή. Στην παρούσα εργασία όμως δεν θα ασχοληθούμε περισσότερο με τα συγκεκριμένα υποδείγματα, αφού είναι πολύ ιδιαίτερα στον χειρισμό και χρησιμοποιούνται κυρίως για την τιμολόγηση παραγώγων μέσω Monte Carlo προσομοιώσεων.

4. Γενικά Συμπεράσματα Παλαιότερων Ερευνών

Τα στοχαστικά μοντέλα είναι μεν πιο σύνθετα και πολύπλοκα, παρόλα αυτά τα αποτελέσματα είναι υπέρ των υποδειγμάτων GARCH. Σε αυτό το σημείο να τονιστεί ότι η σύγκριση γίνεται ανάμεσα στα υποδείγματα ARCH, GARCH και τα στοχαστικά. Από οσα αναφέραμε παραπάνω, είναι ξεκάθαρο πως τα GARCH υπερισχύουν έναντι των ARCH. Ανάμεσα στα μη γραμμικά μοντέλα, τα υποδείγματα που λαμβάνουν υπόψη τους την ασυμμετρία έχουν καλύτερα αποτελέσματα από τα GARCH. Τέτοια μοντέλα είναι τα EGARCH, GJR-GARCH και TGARCH.

5. Συμμετρικές Στατιστικές Συναρτήσεις Σφάλματος

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφερθούν μερικές συμμετρικές στατιστικές συναρτήσεις, αφού είναι εκείνες που δίνουν βαρύτητα στην εκτίμηση μιας μεταβλητότητας. Θα αναφερθούμε επιγραμματικά στις πιο γνώστες με τον αντίστοιχο τύπο της κάθε μίας.

- **ΜΕΣΟ ΣΦΑΛΜΑ** $ME = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N e_t$

- **ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ** $MSE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N e_t^2$

- **ΡΙΖΑ ΜΕΣΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ** $RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N e_t^2}$
- **ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΜΑ** $MAE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N |e_t|$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Μεθοδολογία της Εργασίας και Δείγμα

1. Μεθοδολογίες της παρούσας εργασίας

Στην εργασία θα ασχοληθούμε με χρηματιστηριακά δεδομένα από 7 διαφορετικούς δείκτες διαφορετικών. Η πρόβλεψη της μεταβλητότητας θα γίνει με τις παρακάτω μεθοδολογίες :

- ΚΙΝΗΤΟ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
- ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ
- ΤΥΧΑΙΟΣ ΠΕΡΙΠΑΤΟΣ
- ARCH(1), ARCH(2), ARCH(3)
- GARCH(0,1), GARCH(0,2), GARCH(1,1)
- TGARCH(1,1)
- EGARCH(1,1)

Να σημειωθεί ότι τα παραπάνω υποδείγματα ARCH-GARCH επιλέχθηκαν, αφού πρώτα διαπιστώθηκε για κάθε είδος μοντέλου ότι για διάφορες τιμές των p και q δεν παρουσιάστηκε καμία βελτίωση στα αποτελέσματα.

Ο στόχος της εργασίας είναι να αξιολογήσει τα παραπάνω μοντέλα. Αυτό θα γίνει βλέποντας ποιο μοντέλο δίνει προβλέψεις πιο κοντά στις πραγματικές τιμές της μεταβλητότητας. Η μεθοδολογία και η θεωρία κατά την οποία αποφασίζουμε κάτι τέτοιο θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο για κάθε είδος υποδείγματος ξεχωριστά. Επίσης, με το πέρας της εργασίας θα ιεραρχηθούν οι μεθοδολογίες πρόβλεψης ανάλογα με την προβλεπτική τους ισχύ.

Η μελέτη έγινε πάνω σε δεδομένα από το 1/1/2000 ως και το 31/12/2010 και συνολικά είχαμε 3236 παρατηρήσεις (τιμές κλεισίματος). Το υπό μελέτη δείγμα μας χωρίστηκε στις εξής υποπεριόδους:

A) Ιανουάριος 2000 – Μάρτιος 2003, όπου η αγορά έχει πτωτική τάση

B) Απρίλιος 2003 – Ιούλιος 2007, όπου η αγορά έχει ανοδική πορεία

Γ) Ιανουάριος 2009 – Δεκέμβριος 2010, η αγορά είναι σε ένα μεταβατικό στάδιο μετά το απότομο «τράνταγμα» από την οικονομική κρίση του 2007

Στο πλαίσιο της ανάλυσης μας χρησιμοποιήσαμε ημερήσιες τιμές κλεισίματος 7 δεικτών μετοχών από 7 χώρες, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα.

ΧΩΡΕΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ
ΒΕΛΓΙΟ	BEL20
ΓΑΛΛΙΑ	CAC40
ΕΛΛΑΔΑ	ASE GI
ΙΑΠΩΝΙΑ	NIKKEI 225
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	DAX
ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ	FTSE 100
ΗΠΑ	DJIA

Ο λόγος που επιλέξαμε τις συγκεκριμένες χώρες είναι αφενός γιατί καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα της παγκόσμιας οικονομίας, αφετέρου γιατί έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά αφού άλλες ανήκουν σε πολύ δυνατές οικονομικά χώρες και άλλες σε πιο αδύναμες.

2. Υπολογισμός αποδόσεων

Αρχικά υπολογίσαμε τις ημερήσιες αποδόσεις των χρηματιστηριακών δεικτών. Η σχέση που δίνει την απόδοση μιας τιμής την χρονική στιγμή t δίνεται από την σχέση

$$R_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$$

Όπου

P_t , η τιμή κλεισίματος της μετοχής την χρονική στιγμή t και

P_{t-1} , η τιμή κλεισίματος της μετοχής την χρονική στιγμή $t-1$

Θα μπορούσαμε, αντί των λογαριθμικών αποδόσεων, να πάρουμε τις απλές αποδόσεις που δίνονται από την σχέση $\frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$, αλλά οι διαφορές στο τελικό αποτέλεσμα είναι αμελητέες. Επιλέγουμε όμως να δουλέψουμε με τις λογαριθμικές λόγω της απλότητας της εφαρμογής τους σε πολύ-περιοδικές αποδόσεις. Η \log απόδοση για K χρονικές περιόδους προκύπτει απλά από το άθροισμα των K επιμέρους \log αποδόσεων.

3. Υπολογισμός Μεταβλητότητας

Αφού λοιπόν υπολογίσουμε τις ημερήσιες λογαριθμικές αποδόσεις σειρά έχει ο υπολογισμός της μεταβλητότητας. Ο υπολογισμός της μεταβλητότητας γίνεται για κάθε μήνα του έτους ξεχωριστά. Ο μήνας θα συμβολίζεται με m (month) και λαμβάνει τιμές από το 1 ως το 132, που είναι και οι συνολικοί μας μήνες από τον Ιανουάριο του 2000 ως τον Δεκέμβρη του 2010. Επίσης οι μέρες κάθε μήνα θα συμβολίζεται με n_m και η απόδοση του μήνα m την i ημέρα με $R_{m,i}$.

Αρχικά υπολογίζεται ο μέσος όρος των λογαριθμικών αποδόσεων για κάθε μήνα χρησιμοποιώντας την σχέση

$$\mu_m = \frac{1}{n_m} \sum_{i=1}^{n_m} R_{m,i}$$

Έπειτα υπολογίζουμε την μεταβλητότητα κάθε μήνα χρησιμοποιώντας την σχέση

$$\sigma_m = \sqrt{\left[\frac{1}{n_m - 1} \sum_{i=1}^{n_m} (R_{m,i} - \mu_m)^2 \right]}$$

Καταλήξαμε να έχουμε ένα δείγμα από 132 παρατηρήσεις, που εκφράζουν την μεταβλητότητα κάθε μήνα και πλέον είμαστε έτοιμοι να χρησιμοποιήσουμε μερικά συγκεκριμένα υποδείγματα για την πρόβλεψη της μεταβλητότητας. Παρακάτω θα ξεκινήσουμε με την ανάλυση των απλών μοντέλων, όπως ο κινητός μέσος όρος, ο τυχαίος περίπατος και η εκθετική εξομάλυνση.

ΚΙΝΗΤΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ

Σύμφωνα με αυτό το υπόδειγμα για να προβλέψουμε την μεταβλητότητα του επόμενου μήνα, αρκεί να βρούμε τον μέσο όρο της μεταβλητότητας των k προηγούμενων μηνών. Στην μελέτη μας θεωρήσαμε ότι k=3.

$$MSE = \frac{1}{12-1} \sum_{m=1}^1 [(\hat{\sigma}_m - \sigma_m)^2]$$

ΤΥΧΑΙΟΣ ΠΕΡΙΠΑΤΟΣ

Σύμφωνα με αυτό το υπόδειγμα, ο καλύτερος τρόπος να προβλέψεις την μεταβλητότητα τον επόμενο μήνα είναι να θεωρήσεις ότι είναι ίσος με την πραγματοποιηθείσα μεταβλητότητα τον παρόντα μήνα. Δηλαδή

$$\hat{\sigma}_m = \sigma_{m-1}$$

ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ

Όπως έχουμε προαναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο, το υπόδειγμα αυτό λαμβάνει υπόψη όλες τις παρελθούσες τιμές της πραγματοποιηθείσας

μεταβλητότητας. Πιο συγκεκριμένα δίνει ένα βάρος στην πραγματοποιηθείσα τιμή της μεταβλητότητας του προηγούμενου μήνα και ένα βάρος στην προβλεπόμενη τιμή του προηγούμενου μήνα.

Στην μελέτη μας δώσαμε βάρος 0,7 στην πραγματοποιηθείσα τιμή και 0,3 στην προβλεπόμενη. Δηλαδή χρησιμοποιήσαμε την σχέση

$$\hat{\sigma}_m = 0,7\sigma_{m-1} + 0,3\hat{\sigma}_{m-1}$$

Για να λειτουργήσει σωστά η μέθοδος της εκθετικής εξομάλυνσης πρέπει να δοθεί μια αρχική τιμή στην προβλεπόμενη μεταβλητότητα του πρώτου μήνα. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιείται ως αρχική τιμή η πραγματοποιηθείσα τιμή του πρώτου μήνα.

4. Κριτήρια Αξιολόγησης των Απλών Υποδειγμάτων

Η τελική αξιολόγηση και ιεράρχηση των υποδειγμάτων γίνεται με βάση μια στατιστική συνάρτηση, γνωστή και ως μέσο τετραγωνικό σφάλμα. Όπως γίνεται αντιληπτό, η μεθοδολογία που έχει τα καλύτερα αποτελέσματα είναι εκείνη που οι τιμές των προβλέψεών της είναι πιο κοντά στην πραγματική τιμή της μεταβλητότητας. Επομένως, το καλύτερο υπόδειγμα θα είναι εκείνο με το μικρότερο μέσο τετραγωνικό σφάλμα. Η συνάρτηση αυτή ορίζεται ως

$$MSE = \frac{1}{12-1} \sum_{m=1}^1 [(\hat{\sigma}_m - \sigma_m)^2].$$

5. Κριτήρια Αξιολόγησης Υποδειγμάτων ARCH-GARCH

Όπως έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενο κεφάλαιο, τα υποδείγματα ARCH-GARCH είναι πολύ διαφορετικά από τα απλά υποδείγματα. Αυτό συνεπάγεται ότι και τα κριτήρια με τα οποία θα γίνει η επιλογή του καλύτερου ARCH-GARCH μοντέλου θα είναι πολύ διαφορετικά σε σύγκριση με τα απλά υποδείγματα. Να σημειωθεί η ανάλυση στα υποδείγματα ARCH-GARCH έγινε με την βοήθεια του προγράμματος EViews.

Μεθοδολογία

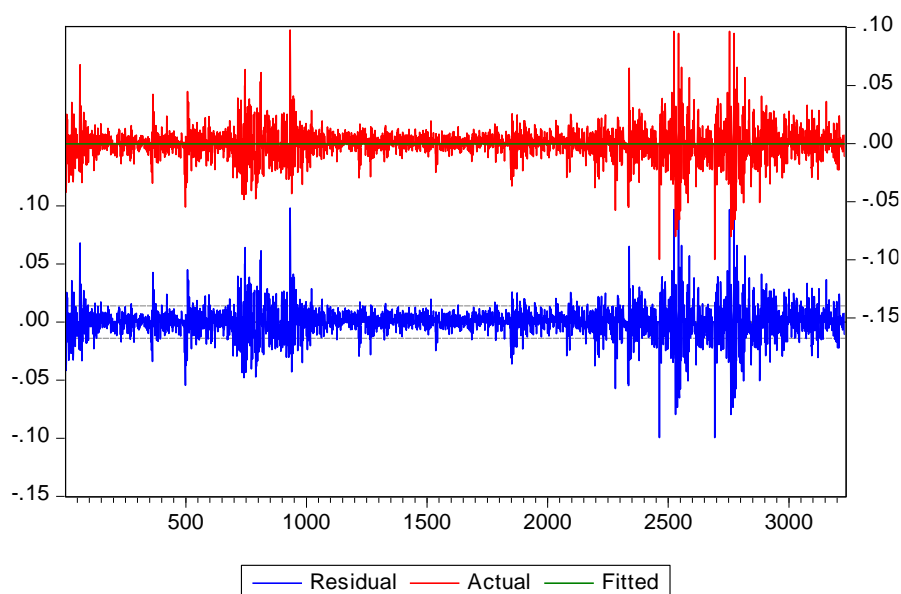
Ας δούμε στην πράξη πως πραγματοποιείται η εν λόγω μεθοδολογία διαλέγοντας ενδεικτικά έναν δείκτη μιας μετοχής. Για παράδειγμα, ας δουλέψουμε με τις λογαριθμικές αποδόσεις του Βελγίου από το 2000 ως το 2010

Σημείωση: Η συγκεκριμένη μεθοδολογία εφαρμόστηκε για όλους τους δείκτες για όλες τις υποπεριόδους που έχουμε ορίσει εξ αρχής. Δηλαδή για τις υποπεριόδους 1/1/2000-31/3/2003, 1/4/2003-30/6/2007 και 1/1/2009-31/12/2010.

Αρχικά κάνουμε μια παλινδρόμηση ανάμεσα στις αποδόσεις και σε έναν σταθερό όρο constant.

Dependent Variable: BEL_20_RET

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.000236	0.000245	-0.963773	0.3352
R-squared	0.000000	Mean dependent var		-0.000236
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var		0.013923
S.E. of regression	0.013923	Akaike info criterion		-5.710252
Sum squared resid	0.626903	Schwarz criterion		-5.708372
Log likelihood	9237.332	Hannan-Quinn criter.		-5.709578
Durbin-Watson stat	1.841262			



Στην συνέχεια θα κάνουμε έναν έλεγχο για την ετεροσκεδαστικότητα του μοντέλου μας. Η μηδενική υπόθεση θα είναι η

H_0 : ΔΕΝ υπάρχει ARCH effect έναντι της H_1 : Υπάρχει ARCH effect

Όσο απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση τόσο θα **μπορούμε** να ασχολούμαστε με μοντέλα που ανήκουν στην οικογένεια ARCH, όπως ARCH, GARCH, EGARCH, TARARCH.

➤ **H0: ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ARCH EFFECT, έναντι H1:ΥΠΑΡΧΕΙ ARCH EFFECT.**

Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	139.2664	Prob. F(1,3232)	0.0000
Obs*R-squared	133.5960	Prob. Chi-Square(1)	0.0000

Απόρριψη μηδενικής υπόθεσης αφού $0 < 0,05$, άρα **μπορούμε** να χρησιμοποιήσουμε τα μοντέλα ARCH-GARCH.

Στα παρακάτω μοντέλα θα έχουμε μια πληθώρα πληροφοριών. εμείς θα ασχοληθούμε μόνο με το Akaike info criterion (AIC) και το Schwarz critieron (SIC). Το μοντέλο με το μικρότερο AIC και SIC θα είναι και το καλύτερο.

Ας δούμε παρακάτω υποδείγματα για τις λογαριθμικές αποδόσεις του Βελγίου.

ARCH(1)

Dependent Variable: BEL_20_RET
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution
GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.000219	0.000212	1.031898	0.3021
Variance Equation				
C	0.000135	1.36E-06	99.61448	0.0000
RESID(-1)^2	0.326769	0.018935	17.25721	0.0000
R-squared	-0.001068	Mean dependent var		-0.000236
Adjusted R-squared	-0.001068	S.D. dependent var		0.013923
S.E. of regression	0.013930	Akaike info criterion		-5.830340
Sum squared resid	0.627573	Schwarz criterion		-5.824700
Log likelihood	9433.576	Hannan-Quinn criter.		-5.828320
Durbin-Watson stat	1.839297			

ARCH(2)

Dependent Variable: BEL_20_RET
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution
GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*RESID(-2)^2

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.000311	0.000192	1.621370	0.1049
Variance Equation				
C	0.000105	1.03E-06	102.3014	0.0000
RESID(-1)^2	0.202773	0.016578	12.23128	0.0000
RESID(-2)^2	0.264512	0.016210	16.31780	0.0000
R-squared	-0.001546	Mean dependent var		-0.000236
Adjusted R-squared	-0.001546	S.D. dependent var		0.013923
S.E. of regression	0.013934	Akaike info criterion		-5.917965
Sum squared resid	0.627872	Schwarz criterion		-5.910445
Log likelihood	9576.308	Hannan-Quinn criter.		-5.915270
Durbin-Watson stat	1.838420			

ARCH(3)

Dependent Variable: BEL_20_RET
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution
GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*RESID(-2)^2 + C(5)*RESID(-3)^2

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.000271	0.000176	1.537775	0.1241
Variance Equation				
C	7.73E-05	8.30E-07	93.14645	0.0000
RESID(-1)^2	0.181555	0.016097	11.27853	0.0000
RESID(-2)^2	0.196338	0.017333	11.32772	0.0000
RESID(-3)^2	0.235147	0.016732	14.05388	0.0000
R-squared	-0.001327	Mean dependent var		-0.000236
Adjusted R-squared	-0.001327	S.D. dependent var		0.013923
S.E. of regression	0.013932	Akaike info criterion		-6.014231
Sum squared resid	0.627735	Schwarz criterion		-6.004831
Log likelihood	9733.019	Hannan-Quinn criter.		-6.010863
Durbin-Watson stat	1.838821			

GARCH(0,1)

Dependent Variable: BEL_20_RET
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution
GARCH = C(2) + C(3)*GARCH(-1)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-0.000215	0.000245	-0.874229	0.3820
Variance Equation				
C	7.31E-06	1.38E-06	5.307204	0.0000
GARCH(-1)	0.961780	0.007149	134.5377	0.0000
R-squared	-0.000002	Mean dependent var		-0.000236
Adjusted R-squared	-0.000002	S.D. dependent var		0.013923
S.E. of regression	0.013923	Akaike info criterion		-5.711544
Sum squared resid	0.626905	Schwarz criterion		-5.705904
Log likelihood	9241.423	Hannan-Quinn criter.		-5.709523
Durbin-Watson stat	1.841257			

GARCH(0,2)

Dependent Variable: BEL_20_RET
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution
Date: 03/06/15 Time: 16:32
Sample (adjusted): 2 3236
Included observations: 3235 after adjustments
Convergence achieved after 25 iterations
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
GARCH = C(2) + C(3)*GARCH(-1) + C(4)*GARCH(-2)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-0.000214	0.000245	-0.870311	0.3841
Variance Equation				
C	1.39E-05	3.14E-05	0.443416	0.6575
GARCH(-1)	0.049106	4.365481	0.011249	0.9910
GARCH(-2)	0.878096	4.201880	0.208977	0.8345
R-squared	-0.000003	Mean dependent var		-0.000236
Adjusted R-squared	-0.000003	S.D. dependent var		0.013923
S.E. of regression	0.013923	Akaike info criterion		-5.710948
Sum squared resid	0.626905	Schwarz criterion		-5.703428
Log likelihood	9241.459	Hannan-Quinn criter.		-5.708254
Durbin-Watson stat	1.841257			

GARCH(1,1)

Dependent Variable: BEL_20_RET
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution
GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*GARCH(-1)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.000739	0.000160	4.619340	0.0000
Variance Equation				
C	8.75E-07	1.28E-07	6.843903	0.0000
RESID(-1)^2	0.078315	0.003621	21.63071	0.0000
GARCH(-1)	0.921592	0.002708	340.2932	0.0000
R-squared	-0.004901	Mean dependent var		-0.000236
Adjusted R-squared	-0.004901	S.D. dependent var		0.013923
S.E. of regression	0.013957	Akaike info criterion		-6.233886
Sum squared resid	0.629976	Schwarz criterion		-6.226366
Log likelihood	10087.31	Hannan-Quinn criter.		-6.231192
Durbin-Watson stat	1.832282			

TARCH(1,1)

Dependent Variable: BEL_20_RET
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution
GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) +
C(5)*GARCH(-1)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.000268	0.000152	1.760009	0.0784
Variance Equation				
C	1.26E-06	1.27E-07	9.890802	0.0000
RESID(-1)^2	-0.000776	0.003296	-0.235577	0.8138
RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)	0.135249	0.007835	17.26116	0.0000
GARCH(-1)	0.924406	0.003028	305.3341	0.0000
R-squared	-0.001311	Mean dependent var		-0.000236
Adjusted R-squared	-0.001311	S.D. dependent var		0.013923
S.E. of regression	0.013932	Akaike info criterion		-6.291706
Sum squared resid	0.627725	Schwarz criterion		-6.282306
Log likelihood	10181.83	Hannan-Quinn criter.		-6.288338
Durbin-Watson stat	1.838851			

EGARCH(1,1)

Dependent Variable: BEL_20_RET

Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution

$$\text{LOG(GARCH)} = C(2) + C(3)*\text{ABS}(\text{RESID}(-1)/\text{SQRT}(\text{GARCH}(-1))) + C(4)*\text{RESID}(-1)/\text{SQRT}(\text{GARCH}(-1)) + C(5)*\text{LOG}(\text{GARCH}(-1))$$

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.000401	0.000146	2.758562	0.0058
Variance Equation				
C(2)	-0.219318	0.012406	-17.67824	0.0000
C(3)	0.101007	0.005507	18.34299	0.0000
C(4)	-0.115017	0.005143	-22.36385	0.0000
C(5)	0.984414	0.001429	688.7902	0.0000
R-squared	-0.002096	Mean dependent var		-0.000236
Adjusted R-squared	-0.002096	S.D. dependent var		0.013923
S.E. of regression	0.013938	Akaike info criterion		-6.292095
Sum squared resid	0.628217	Schwarz criterion		-6.282695
Log likelihood	10182.46	Hannan-Quinn criter.		-6.288727
Durbin-Watson stat	1.837411			

Ας δούμε τα αποτελέσματα πιο συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα.

ΜΟΝΤΕΛΟ	AIC	SIC
ARCH(1)	-5.83	-5.8247
ARCH(2)	-5.917	-5.91
ARCH(3)	-6.014	-6.004
GARCH(0,1)	-5.711	-5.705
GARCH(0,2)	-5.710	-5.703
GARCH(1,1)	-6.233	-6.226
TARCH(1,1)	-6.2917	-6.2823
EGARCH(1,1)	-6.2920	-6.2826

Βρέθηκε λοιπόν ότι το καλύτερο μοντέλο είναι το **EGARCH(1,1)** με οριακά μικρότερες τιμές AIC-SIC από το **TARCH(1,1)**.

Έπειτα θα χρειαστεί να κοιτάξουμε τις συσχετίσεις των τιμών των residuals στο μοντέλο που επιλέξαμε. Το επιθυμητό είναι να **ΜΗΝ** υπάρχει συσχέτιση.

Επομένως, ο έλεγχος μας θα είναι ο εξής:

H_0 : ΔΕΝ υπάρχει συσχέτιση έναντι H_1 : Υπάρχει συσχέτιση

Autocorrelation		Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob	
				1	0.011	0.011	0.3774	0.539
				2	0.016	0.016	1.1867	0.552
				3	0.035	0.034	5.1087	0.164
				4	0.010	0.009	5.4449	0.245
				5	-0.012	-0.014	5.9300	0.313
				6	0.038	0.037	10.731	0.097
				7	0.007	0.006	10.887	0.144
				8	0.014	0.013	11.492	0.175
				9	-0.003	-0.006	11.528	0.241
				10	0.008	0.006	11.732	0.303
				11	-0.008	-0.008	11.939	0.368
				12	0.032	0.031	15.215	0.230
				13	-0.003	-0.004	15.250	0.292
				14	-0.005	-0.007	15.329	0.356
				15	-0.002	-0.004	15.344	0.427
				16	-0.001	-0.002	15.345	0.500
				17	-0.003	-0.001	15.378	0.568
				18	-0.011	-0.013	15.772	0.608
				19	0.015	0.015	16.489	0.624
				20	-0.022	-0.023	18.069	0.583
				21	0.010	0.012	18.411	0.623
				22	-0.018	-0.019	19.427	0.619
				23	-0.024	-0.022	21.282	0.564
				24	0.001	0.002	21.284	0.622
				25	0.016	0.016	22.093	0.630
				26	0.007	0.011	22.243	0.675
				27	-0.023	-0.025	24.046	0.628
				28	0.003	0.004	24.071	0.678
				29	-0.025	-0.025	26.183	0.616
				30	-0.018	-0.013	27.214	0.612
				31	0.004	0.003	27.259	0.659
				32	-0.006	-0.004	27.393	0.699
				33	-0.018	-0.016	28.405	0.695
				34	-0.005	-0.004	28.475	0.735
				35	-0.014	-0.010	29.096	0.748
				36	0.000	0.002	29.096	0.786

Παρατηρούμε ότι όλες οι τιμές στην στήλη Prob(p-value) είναι μεγαλύτερες του 0,05, επομένως αποδεχόμαστε την μηδενική υπόθεση. Άρα δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των residuals, που ήταν εξ αρχής και το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Στην συνέχεια θα πρέπει να εξετάσουμε αν υπάρχει ARCH EFFECT στα residuals.

Το επιθυμητό είναι να ΜΗΝ υπάρχει.

Επομένως, ο έλεγχος μας θα είναι ο εξής:

H_0 : ΔΕΝ υπάρχει ARCH EFFECT, έναντι H_1 : υπάρχει ARCH EFFECT.

Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	0.376776	Prob. F(1,3232)	0.5394
Obs*R-squared	0.376965	Prob. Chi-Square(1)	0.5392

0,5392>0,05 άρα αποδέχομαι την μηδενική υπόθεση, επομένως δεν υπάρχει ARCH EFFECT.

Επίσης θα πρέπει να εξετασθεί αν τα residuals ακολουθούν την κανονική κατανομή. Αυτός ο έλεγχος θα γίνει με βάση την στατιστική συνάρτηση **Jarque-Bera**. Στην ουσία αυτή η στατιστική συνάρτηση υπολογίζει την ασυμμετρία και την κύρτωση με βάση τα στοιχεία του δείγματός μας. Στη συνέχεια τα συγκρίνει με τις θεωρητικές τιμές της ασυμμετρίας και της κύρτωσης για την κανονική κατανομή που είναι μηδέν, αφού στην κανονική κατανομή δεν έχουμε ούτε ασυμμετρία ούτε κύρτωση. Το επιθυμητό αλλά όχι και αναγκαίο είναι τα residuals να ακολουθούν την κανονική κατανομή.

Η στατιστική συνάρτηση Jarque-Bera γίνεται από την σχέση

$$JB = \frac{n}{6} \left(S^2 + \frac{1}{4} (C - 3)^2 \right)$$

Όπου,

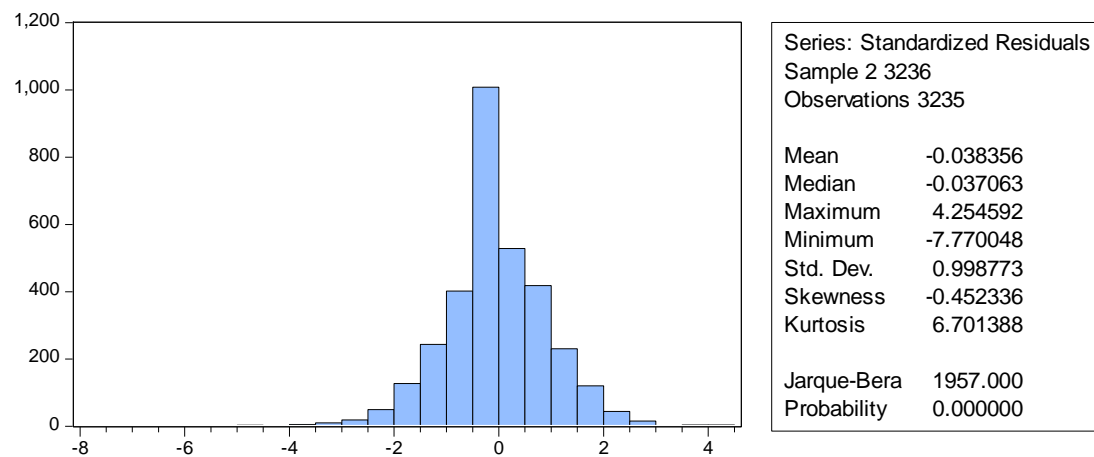
n, το μέγεθος του δείγματος

S, η ασυμμετρία που δίνεται από τον τύπο $\frac{\hat{\mu}_3}{\hat{\sigma}_3} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ((x_i - \bar{x})^3)}{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{3}{2}}}$

C, η κύρτωση που δίνεται από την σχέση
$$\frac{\hat{\mu}_4}{\hat{\sigma}_4^2} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ((x_i - \bar{x})^4)}{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^2}$$

Επομένως οι υποθέσεις είναι οι εξής :

H_0 : τα residuals ακολουθούν κανονική κατανομή, έναντι H_1 : τα residuals δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.



Αρχικά, παρατηρώντας το γράφημα είναι ξεκάθαρο ότι τα residuals δεν ακολουθούν κανονική κατανομή. Επίσης βλέπουμε στις ενδείξεις δίπλα από το γράφημα ότι η τιμή Jarque-Bera είναι αρκετά μεγάλη και η τιμή p-value ίση με το μηδέν. Επομένως, δεν μπορούμε να δεχθούμε ότι τα residuals ακολουθούν κανονική κατανομή.

Παρόλα αυτά έχουμε δεχθεί ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των τιμών των καταλοίπων, καθώς επίσης ότι δεν υπάρχει ARCH EFFECT, που είναι και οι πιο σημαντικές υποθέσεις που πρέπει να έχουμε αποδεχθεί. Επομένως, έχουμε αρκετά ισχυρές ενδείξεις ότι το μοντέλο **EGARCH(1,1)** που επιλέξαμε έχει πολύ καλή προσαρμογή και προβλέπει καλύτερα την μεταβλητότητα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μοντέλα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Ανάλυση των δεδομένων & ερμηνεία αποτελεσμάτων – Συμπεράσματα

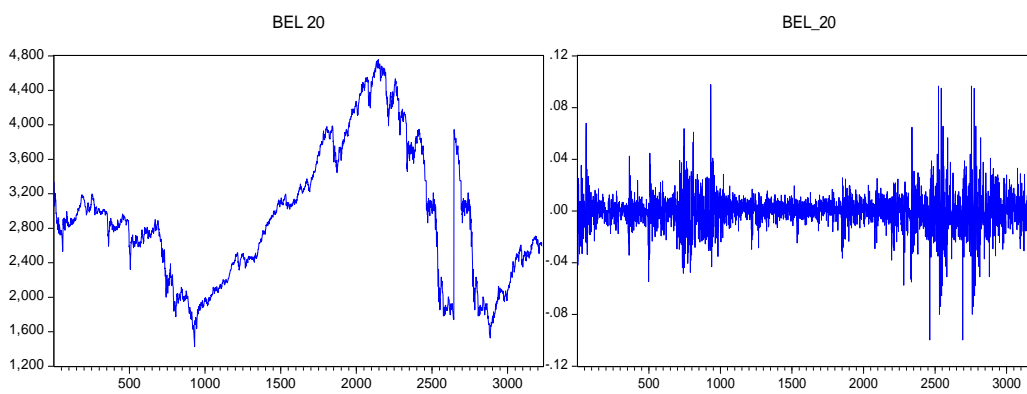
1. Εισαγωγή

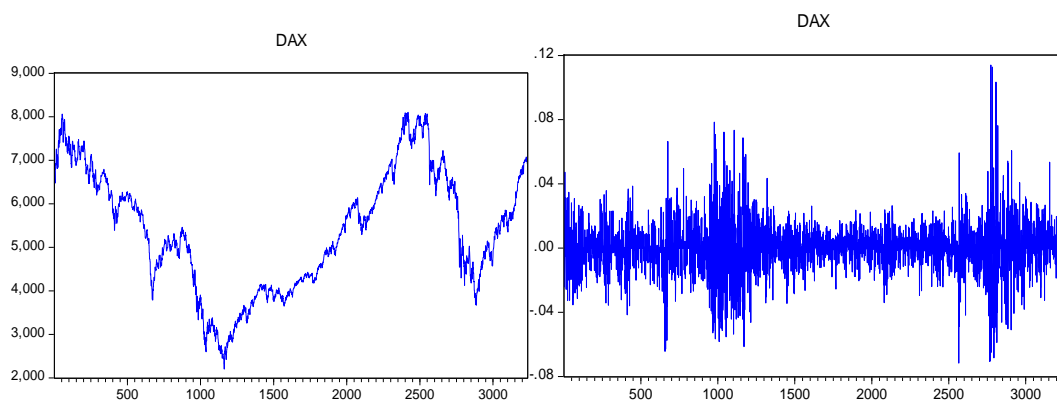
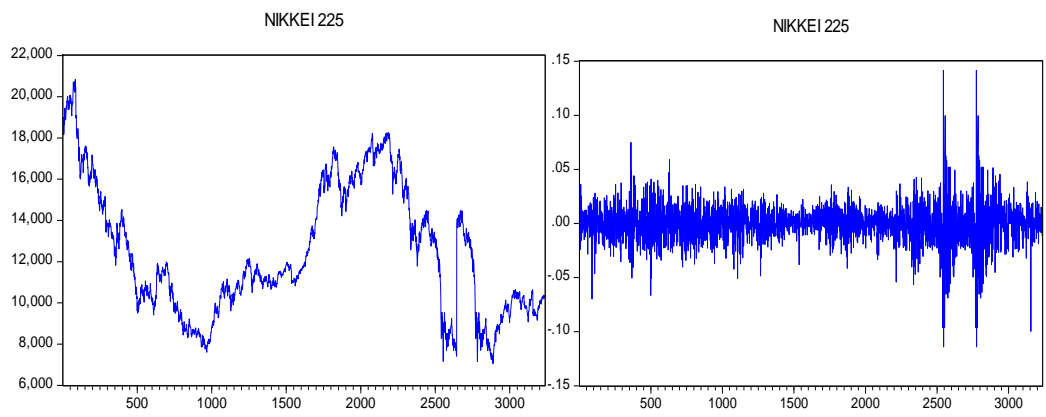
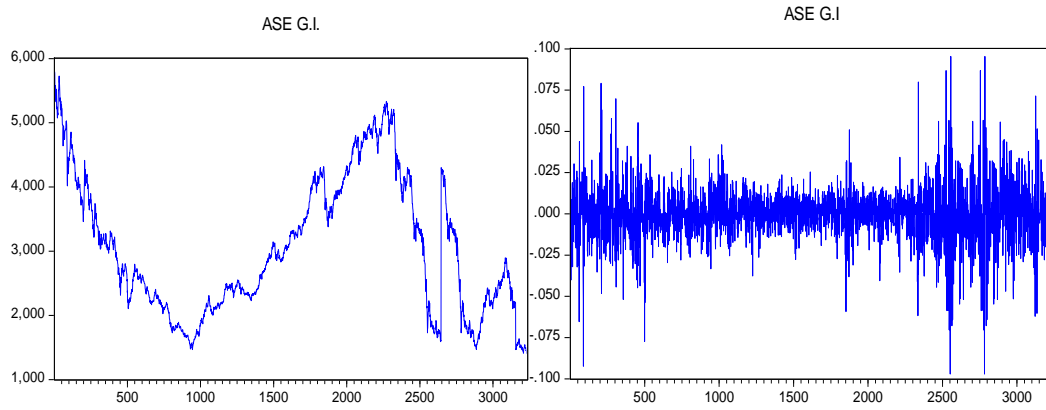
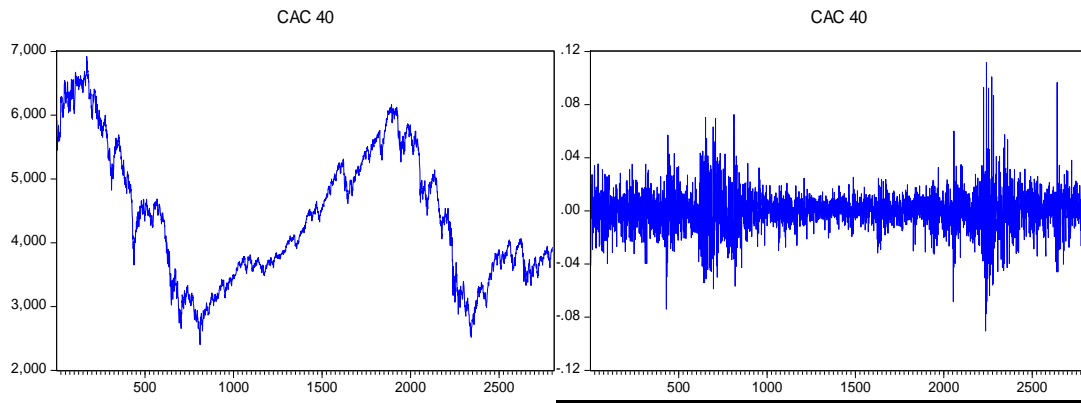
Σε αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με την ανάλυση των δεδομένων μας. Αρχικά θα εξετάσουμε τα γραφήματα των λογαριθμικών αποδόσεων καθώς επίσης και των τιμών των δεικτών για κάθε χώρα ξεχωριστά για όλες τις παρατηρήσεις από το 2000 ως το 2010. Έπειτα θα δούμε τα περιγραφικά μέτρα των τιμών κλεισίματος, των λογαριθμικών αποδόσεων και των τιμών της μεταβλητότητας για κάθε μία από τις 3 υποπεριόδους όπου έχουμε ορίσει από το προηγούμενο κεφάλαιο.

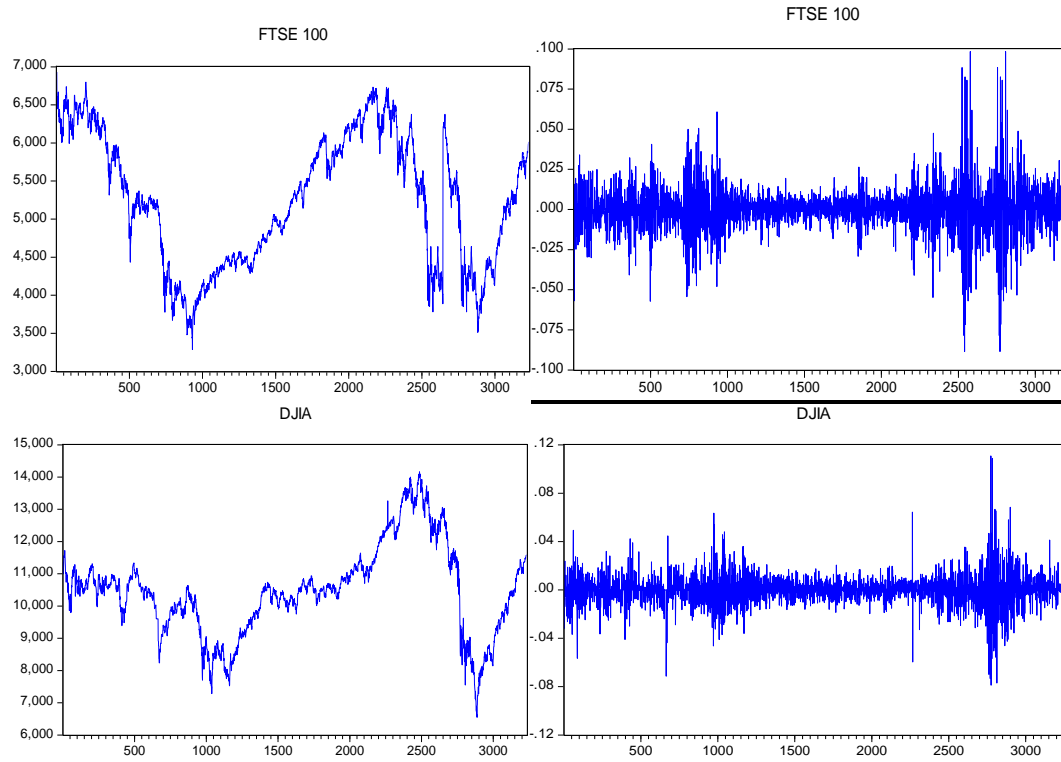
Τέλος θα δοθούν και θα αναλυθούν πίνακες στους οποίους θα εμφανίζονται οι τιμές των AIC και SIC για κάθε ARCH-GARCH μοντέλο ξεχωριστά και για τις 3 υποπεριόδους, καθώς επίσης και πίνακες που θα ασχολούνται με την κύρτωση, την λοξότητα και την κανονικότητα των τιμών της μεταβλητότητας και για τις 7 χώρες.

2. Γραφήματα

Παρακάτω παρουσιάζονται τα γραφήματα των τιμών κλεισίματος και των λογαριθμικών αποδόσεων κάθε χώρας.







Από τα πιο πάνω διαγράμματα προκύπτει ότι η μεταβλητότητα των αποδόσεων είναι πολύ μικρότερη από εκείνη των τιμών. Η διαπίστωση αυτή ευρίσκεται σε αρμονία με τα ευρήματα αντίστοιχων εργασιών και ήταν αναμενόμενη, δεδομένου ότι οι αποδόσεις ορίζονται ως οι πρώτες διαφορές των λογαρίθμων των τιμών.

Όσον αφορά τη μεταβλητότητα σε σχέση με τον χρόνο, παρατηρούμε ότι αυτή είναι ιδιαίτερα αυξημένη κατά την περίοδο της οικονομικής κρίσης και μάλιστα για τις μικρότερες αγορές, όπως του Βελγίου και της Ελλάδας.

3. Περιγραφικά Μέτρα

Στους Πίνακες 1-3 παρουσιάζονται τα στατιστικά μέτρα προσδιορισμού των κατανομών των αποδόσεων για τις χρηματιστηριακές αγορές του δείγματος.

Παρατηρούμε ότι κατά τις πρώτες δύο υποπεριόδους η Γερμανία παρουσιάζει την μεγαλύτερη τιμή στις λογαριθμικές αποδόσεις (7,5%), ενώ την μικρότερη την παρουσιάζει η Ελλάδα (-9%) . Επίσης την τρίτη υποπερίοδο η Ιαπωνία κατέχει ταυτόχρονα την μέγιστη (13,8%) και την ελάχιστη (-12,11%) τιμή σε σύγκριση με τις άλλες 6 χώρες, κάτι που σημαίνει ότι ενδεχομένως να παρουσιάζονται έντονες μεταβολές στις τιμές κλεισίματος σε αυτό το χρονικό διάστημα.

Οι μικρότερες τιμές, όπως είναι φυσικό, παρατηρούνται την περίοδο 2009-2010, δηλαδή κατά τα πρώτα χρόνια της οικονομικής κρίσης.

Πίνακας 1: Στατιστική περιγραφή των κατανομών των αποδόσεων - Περίοδος 1/1/2000 – 31/3/2003

	ΒΕΛΓΙΟ	ΓΑΛΛΙΑ	ΕΛΛΑΔΑ	ΙΑΠΩΝΙΑ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	ΗΝΩΜ. ΒΑΣΙΛΕΙΟ	ΗΠΑ
Mean	-0.000846	-0.000980	-0.001696	-0.001022	-0.001211	-0.00079	-0.00043
Median	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Maximum	0.040162	0.209343	0.049736	0.035220	0.075527	0.031346	0.061547
Minimum	-0.037073	-0.065145	-0.091067	-0.062258	-0.083360	-0.054258	-0.077515
Sum	1.042808	0.838286	1.194271	0.822005	0.260173	0.603650	0.181750
Sum Sq. Dev.	0.067840	1.397640	0.112198	0.139159	0.300692	0.057202	0.108877
Observations	1232	1232	1232	1232	1232	1232	1232

Πίνακας 2: Στατιστική περιγραφή των κατανομών των αποδόσεων - Περίοδος 1/4/2003 – 30/6/2007

	ΒΕΛΓΙΟ	ΓΑΛΛΙΑ	ΕΛΛΑΔΑ	ΙΑΠΩΝΙΑ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	ΗΝΩΜ. ΒΑΣΙΛΕΙΟ	ΗΠΑ
Mean	0.000846	0.000680	0.000969	0.000667	0.000211	0.000490	0.000148
Median	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Maximum	0.040162	0.049343	0.049736	0.035220	0.055527	0.031346	0.021547
Minimum	-0.037073	-0.045145	-0.061067	-0.052258	-0.043360	-0.034258	-0.037515
Sum	1.042808	0.838286	1.194271	0.822005	0.260173	0.603650	0.181750
Sum Sq. Dev.	0.067840	1.397640	0.112198	0.139159	0.300692	0.057202	0.108877
Observations	1232	1232	1232	1232	1232	1232	1232

Πίνακας 3: Στατιστική περιγραφή των κατανομών των αποδόσεων - Περίοδος 1/1/2009 – 31/12/2010

	ΒΕΛΓΙΟ	ΓΑΛΛΙΑ	ΕΛΛΑΔΑ	ΙΑΠΩΝΙΑ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	ΗΝΩΜ. ΒΑΣΙΛΕΙΟ	ΗΠΑ
Mean	0.000477	0.000265	-0.000389	0.000227	0.000110	0.000467	-2.21E-05
Median	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Maximum	0.081897	0.101983	0.091719	0.138573	0.107975	0.094037	0.105083
Minimum	-0.085029	-0.099031	-0.109749	-0.121110	-0.074355	-0.092656	-0.082005
Sum	0.301652	0.167769	-0.245758	0.143722	0.069793	0.295003	-0.013950
Sum Sq. Dev.	0.870462	2.657401	1.402619	0.664352	0.213173	0.390903	0.198757
Observations	632	632	632	632	632	632	632

Όπως ήταν αναμενόμενο, την πρώτη υποπερίοδο οι μέσες τιμές των λογαριθμικών αποδόσεων είναι αρνητικές, κάτι απόλυτα φυσιολογικό μιας και η αγορά εκείνη τη περίοδο είχε καθοδική πορεία. Στην συνέχεια, παρατηρώντας τον Πίνακα 2, βλέπουμε πως οι μέσες τιμές των λογαριθμικών αποδόσεων για όλες τις χώρες όχι μόνο

αυξήθηκαν αλλά πλέον έχουν και θετική τιμή. Αυτό το εύρημα έρχεται σε συμφωνία με όσα έχουμε προαναφέρει σε προηγούμενα κεφάλαια, αφού τη περίοδο 1/4/2003 – 30/6/2007 η αγορά έχει ανοδική πορεία.

4. Εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των κλασικών μεθόδων πρόβλεψης της μεταβλητότητας

Παρακάτω δίνονται οι πίνακες στους οποίους παρουσιάζεται το μέσο τετραγωνικό σφάλμα της μεταβλητότητας, για κάθε έτος ξεχωριστά, με τις μεθοδολογίες του τυχαίου περιπάτου (RW), του κινητού μέσου (MA) και της εκθετικής εξομάλυνσης (EXP SM) και για τις 7 χώρες. Με κόκκινο χρώμα δίνεται η μικρότερη τιμή του μέσου τετραγωνικού σφάλματος της μεταβλητότητας ανάμεσα στις 3 μεθοδολογίες που παρατηρήθηκε ένα συγκεκριμένο έτος για κάθε χώρα ξεχωριστά.

Πίνακας 4: Αποτελέσματα MSE - Περίοδος 2000 – 2010

	BEL 20			CAC 40		
	RW	MA	EXP SM	RW	MA	EXP SM
2000	1,99E-05	2,33E-05	1,92E-05	0,00013	0,000257	0,000148
2001	9,44E-05	5,75E-05	7,89E-05	0,00016	0,000287	0,000189
2002	3,25E-05	6,07E-05	3,64E-05	0,000433	0,000561	0,000432
2003	5,26E-05	2,89E-05	4,85E-05	0,000169	0,00024	0,000188
2004	1,01E-05	3,51E-06	7,3E-06	7,71E-06	4,7E-06	5,81E-06
2005	2,81E-06	1,99E-06	2,1E-06	1,97E-05	2,88E-05	2,12E-05
2006	1,21E-05	1,49E-05	1,08E-05	1,84E-05	2,45E-05	1,82E-05
2007	2,14E-05	1,44E-05	1,66E-05	3,76E-05	4,22E-05	3,63E-05
2008	0,000131	0,000137	0,00012	0,000705	0,000517	0,000661
2009	0,01212	0,001504	0,009196	0,002632	0,001408	0,002729
2010	1,61E-05	9,45E-06	1,18E-05	0,000613	0,000827	0,000571

	ASE G.I			NIKKEI225		
	RW	MA	EXP SM	RW	HM	EXP SM
2000	8,41E-05	8,19E-05	7,06E-05	1,34E-05	1,49E-05	1,3E-05
2001	0,000124	8,11E-05	0,000102	5,49E-05	2,65E-05	4,82E-05
2002	8,93E-06	6,98E-06	7,25E-06	2,04E-05	1,64E-05	1,85E-05
2003	1,39E-05	7,29E-06	1,1E-05	1,3E-05	7,67E-06	1,03E-05
2004	1,24E-05	5,7E-06	8,66E-06	1,04E-05	1,08E-05	8,8E-06
2005	1,4E-06	9,59E-07	1,32E-06	9,14E-06	9,96E-06	7,79E-06
2006	2,27E-05	3,19E-05	2,17E-05	8,43E-06	1,19E-05	8,91E-06
2007	1,45E-05	1,34E-05	1,28E-05	1,93E-05	1,81E-05	1,7E-05
2008	0,000132	0,000133	0,000124	0,000242	0,000284	0,000223
2009	0,021361	0,002854	0,016314	0,005044	0,001024	0,003923
2010	0,000461	0,00044	0,000376	4,18E-05	2,75E-05	3,32E-05

	DAX			FTSE 100		
	RW	HM	EXP SM	RW	HM	EXP SM
2000	8,9E-06	1,53E-05	9,46E-06	5,55E-06	8,21E-06	6,01E-06
2001	1,82E-05	2,68E-05	1,89E-05	6,08E-05	3,73E-05	4,64E-05
2002	4,49E-05	4,18E-05	3,82E-05	4,39E-05	7,12E-05	4,5E-05
2003	9,34E-05	0,000103	8,32E-05	1,47E-05	1,44E-05	1,6E-05
2004	3,43E-05	2,43E-05	3,82E-05	5,54E-06	1,81E-06	3,83E-06
2005	5,09E-06	3,49E-06	3,72E-06	3,32E-06	2,5E-06	2,71E-06
2006	5,79E-06	6,18E-06	5,35E-06	1,01E-05	1,22E-05	8,87E-06
2007	1,01E-05	7,94E-06	9,79E-06	1,67E-05	2,06E-05	1,57E-05
2008	3,48E-05	3,27E-05	2,85E-05	9,04E-05	0,000145	9,68E-05
2009	0,000111	0,000154	0,000109	0,002199	0,00043	0,001689
2010	9,99E-06	7,55E-06	7,68E-06	5,97E-06	4,19E-06	4,56E-06

	DJIA		
	RW	HM	EXP SM
2000	1,1E-05	1,74E-05	1,15E-05
2001	1,2E-05	2,13E-05	1,33E-05
2002	2,92E-05	2,71E-05	2,42E-05
2003	3,27E-05	3,33E-05	2,81E-05
2004	6,04E-06	2,68E-06	6,26E-06
2005	1,33E-06	1,25E-06	1,13E-06
2006	5,24E-06	2,19E-06	3,86E-06
2007	4,2E-05	2,87E-05	3,09E-05
2008	7,24E-06	9,44E-06	6,87E-06
2009	9,87E-05	0,000166	0,000103
2010	6,1E-06	4,75E-06	4,62E-06

Παρατηρώντας τους παραπάνω πίνακες, καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα.

- Όταν η τάση της αγοράς βρίσκεται σε καθοδική πορεία, δηλαδή από το 2000 μέχρι και το 2003, οι 3 μεθοδολογίες έχουν το σχεδόν το ίδιο ικανοποιητικά αποτελέσματα.. Πιο συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα του κινητού μέσου όρου φέρνουν πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα σε σύγκριση με τις άλλες 2 μεθοδολογίες στο 36% των περιπτώσεων (4 έτη x 7 χώρες = 28), του κινητού μέσου όρου στο 32% και της εκθετικής εξομάλυνσης στο 32%.
- Όταν η τάση της αγοράς βρίσκεται σε ανοδική πορεία, δηλαδή από το 2004 μέχρι και το 2007, η μεθοδολογία με τα λιγότερο ικανοποιητικά αποτελέσματα είναι ο τυχαίος περίπατος, αφού καταφέρνει να προβλέπει καλύτερα μόλις το 11% των συνολικών περιπτώσεων για τα συγκεκριμένα έτη. Ανάμεσα στις άλλες δύο μεθοδολογίες υπάρχει μια σχετική ισορροπία, όπως ακριβώς και στην προηγούμενη υποπερίοδο 2000-2003, με τον κινητό μέσο όρο να έχει τα πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα το 46% των φορών, ενώ η εκθετική εξομάλυνση το 43%
- Από το 2008 μέχρι το 2010, εν μέσω οικονομικής κρίσης δηλαδή, υπάρχει ξεκάθαρο προβάδισμα του κινητού μέσου όρου, αφού τις μισές φορές των προβλέψεων που έγιναν με αυτήν την μέθοδο προέκυψε το μικρότερο μέσο τετραγωνικό σφάλμα. Η αμέσως καλύτερη μεθοδολογία είναι η εκθετική εξομάλυνση (36%). Τέλος, για ακόμη μία φορά, τα λιγότερο ικανοποιητικά αποτελέσματα προέκυψαν με την μέθοδο του τυχαίου περιπάτου, αφού τα αποτελέσματα του κυμάνθηκαν σε ίδια επίπεδα με τις άλλες περιόδους (14%).
- Συνολικά για όλα τα έτη, δηλαδή από το 2000 μέχρι και το 2010, τις περισσότερες φορές τα πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα προέκυψαν με τον κινητό μέσο όρο (43%) με σχετικά μικρή διαφορά από την εκθετική εξομάλυνση (37%). Όπως έγινε αντιληπτό και από τα παραπάνω ευρήματα, η

μεθοδολογία του τυχαίου περιπάτου έδωσε μικρότερο μέσο τετραγωνικό σφάλμα μόλις το 20% των περιπτώσεων

- Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πώς για τον δείκτη της Ελλάδας (ASE G.I.), η μέθοδος του τυχαίου περιπάτου δεν έδωσε για κανένα έτος το μικρότερο μέσο τετραγωνικό σφάλμα. Αυτό σημαίνει ότι η μεθοδολογία αυτή δεν είναι καθόλου αξιόπιστη για μια αγορά σαν την Ελλάδα για καμία περίοδο. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρούμε και για το Βέλγιο, το οποίο σαν αγορά έχει παρόμοια δυναμικότητα με την Ελλάδα. Όπως φαίνεται ξεκάθαρα και στον παραπάνω πίνακα, ο τυχαίος περίπατος για τον δείκτη BEL20 έχει το μικρότερο μέσο τετραγωνικό σφάλμα μόλις για ένα έτος (2002). Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα ήταν λίγο πολυαναμενόμενο μιας και όπως έχουμε προαναφέρει, οι 2 συγκεκριμένες χώρες είναι μικρότερες αγορές και έχουν μερικά κοινά χαρακτηριστικά.

5. Πρόβλεψη της μεταβλητότητας με υποδείγματα ARCH-GARCH και Αξιολόγησή τους

Ο Πίνακας 5α παρουσιάζει τις τιμές AIC-SIC για όλα τα υποδείγματα ARCH-GARCH που χρησιμοποιήσαμε ήτοι :

- ARCH(1)
- ARCH(2)
- ARCH(3)
- GARCH(0,1)
- GARCH(0,2)
- GARCH(1,1)
- TARCH(1,1)
- EGARCH(1,1)

Με κίτρινο χρώμα δίνονται οι μικρότερες τιμές των AIC-SIC και με κόκκινα γράμματα οι μεγαλύτερες. Επίσης δίνονται και οι τιμές της κύρτωσης, της λοξότητας καθώς και η τιμή της στατιστικής συνάρτησης Jarque-Bera.

Πίνακας 5α: Αποτελέσματα AIC-SIC - Περίοδος 1/1/2000 – 31/3/2003

	BEL 20		CAC 40		ASE G.I		NIKKEI225	
	AIC	SIC	AIC	SIC	AIC	SIC	AIC	SIC
ARCH(1)	-5,850187	-5,834760	-3,143379	-3,127953	-5,568442	-5,553015	-5,564022	-5,548596
ARCH(2)	-5,892020	-5,871451	-3,197960	-3,177391	-5,647229	-5,626660	-5,571271	-5,550702
ARCH(3)	-6,037181	-6,011470	-3,260216	-3,234505	-5,655423	-5,629712	-5,583744	-5,558033
GARCH(0,1)	-5,692281	-5,676855	-3,205622	-3,190196	-5,513701	-5,498275	-5,573524	-5,558098
GARCH(0,2)	-5,692185	-5,671616	-3,203775	-3,183207	-5,520063	-5,499495	-5,571393	-5,550825
GARCH(1,1)	-6,179558	-6,158989	-3,223009	-3,202440	-5,675951	-5,655383	-5,600487	-5,579918
TARCH(1,1)	-6,212566	-6,186855	-3,258193	-3,232482	-5,696377	-5,670667	-5,608427	-5,582717
EGARCH(1,1)	-6,208233	-6,182522	-3,236409	-3,210699	-5,683810	-5,658100	-5,570178	-5,544467

	DAX		FTSE 100		DJIA	
	AIC	SIC	AIC	SIC	AIC	SIC
ARCH(1)	-5,854054	-5,838628	-5,754648	-5,739221	-6,306442	-6,291016
ARCH(2)	-5,877768	-5,857199	-5,782747	-5,762179	-6,312317	-6,291748
ARCH(3)	-5,890327	-5,864616	-5,847980	-5,822270	-6,317101	-6,291390
GARCH(0,1)	-5,863255	-5,847828	-5,705942	-5,690516	-6,298575	-6,283148
GARCH(0,2)	-5,861118	-5,840549	-5,709222	-5,688653	-6,297464	-6,276896
GARCH(1,1)	-5,945098	-5,924529	-5,940999	-5,920430	-6,338024	-6,317456
TARCH(1,1)	-5,988040	-5,962329	-5,992137	-5,966426	-6,409680	-6,383969
EGARCH(1,1)	-5,981310	-5,955599	-5,994024	-5,968313	-6,420809	-6,395098

Πίνακας 5β: Αποτελέσματα AIC-SIC - Περίοδος 1/1/2000 – 31/3/2003

	BEL 20	CAC 40	ASE G.I	NIKKEI225	DAX	FTSE 100	DJIA
skewness	0,0013	0,399	-0,0088	0,0027	-0,001	-0,15	-0,45
kurtosis	4,1208	7,973	5,694	4,938	4,244	3,614	7,914
Jarque-Bera	49,36	997,02	285,27	147,653	60,86	18,74	981,35

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι το σχετικά καλύτερο υπόδειγμα για την πρόβλεψη της μεταβλητότητας είναι το TARCH(1,1), δεδομένου ότι για το Βέλγιο, τη Γαλλία, την Ελλάδα, την Ιαπωνία και την Γερμανία είχε τις χαμηλότερες τιμές για τα AIC-SIC. Για μόλις 2 χώρες, το Ηνωμένο Βασίλειο και τις ΗΠΑ, καλύτερο υπόδειγμα είναι το EGARCH(1,1).

Τα υποδείγματα ARCH(1), GARCH(0,1), GARCH(0,2) έχουν τις μεγαλύτερες τιμές AIC-SIC, που σημαίνει ότι τα αποτελέσματα των προβλέψεων των

υποδειγμάτων αυτών είναι τα λιγότερα ικανοποιητικά. Επίσης βλέπουμε ότι οι τιμές της στατιστικής συνάρτησης Jarque-Bera είναι αρκετά μεγάλες για όλες τις χώρες για την περίοδο 200-2003. Αυτό σημαίνει πως δεν μπορεί να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση για την κανονικότητα των τιμών της μεταβλητότητας για αυτή την χρονική περίοδο.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι για τον έλεγχο υπόθεσης της κανονικότητας ενός δείγματος με πάνω από 2000 παρατηρήσεις, η στατιστική συνάρτηση Jarque Bera προσεγγίζει την κατανομή Χ-τετράγωνο με 2 βαθμούς ελευθερίας. Επομένως, για να μπορέσουμε να απορρίψουμε την κανονικότητα των τιμών της μεταβλητότητας, θα πρέπει η στατιστική Jarque-Bera να έχει τιμές πάρα πολύ μικρές.

Πίνακας 6α: Αποτελέσματα AIC-SIC - Περίοδος 1/4/2003 – 30/6/2007

	BEL 20		CAC 40		ASE G.I		NIKKEI225	
	AIC	SIC	AIC	SIC	AIC	SIC	AIC	SIC
ARCH(1)	-6,991568	-6,979109	-4,018853	-4,006394	-6,467959	-6,455501	-6,249624	-6,237165
ARCH(2)	-7,060153	-7,043541	-4,064865	-4,048253	-6,523006	-6,506395	-6,259546	-6,242934
ARCH(3)	-7,089966	-7,069202	-4,093186	-4,072421	-6,521493	-6,500728	-6,272654	-6,251889
GARCH(0,1)	-7,043182	-7,030723	-4,045581	-4,033123	-6,462661	-6,450202	-6,248969	-6,236510
GARCH(0,2)	-7,041705	-7,025093	-4,043935	-4,027323	-6,476035	-6,459423	-6,254697	-6,238085
GARCH(1,1)	-7,139060	-7,122449	-4,086385	-4,069774	-6,568922	-6,552310	-6,345961	-6,329349
TARCH(1,1)	-7,167312	-7,146548	-4,090146	-4,069381	-6,573595	-6,552831	-6,352242	-6,331478
EGARCH(1,1)	-7,150917	-7,130152	-4,076787	-4,056022	-6,562275	-6,541511	-6,352964	-6,332199

	DAX		FTSE 100		DJIA	
	AIC	SIC	AIC	SIC	AIC	SIC
ARCH(1)	-5,568400	-5,555941	-7,155331	-7,142872	-6,559324	-6,546865
ARCH(2)	-5,611194	-5,594583	-7,168454	-7,151843	-6,602521	-6,585910
ARCH(3)	-5,680537	-5,659772	-7,201410	-7,180646	-6,711411	-6,690647
GARCH(0,1)	-5,533896	-5,521437	-7,194282	-7,181823	-6,794086	-6,781628
GARCH(0,2)	-5,740622	-5,724010	-7,192711	-7,176099	-6,793994	-6,777382
GARCH(1,1)	-6,033583	-6,016971	-7,260966	-7,244354	-6,859728	-6,843116
TARCH(1,1)	-6,073033	-6,052269	-7,286408	-7,265643	-6,889358	-6,868594
EGARCH(1,1)	-6,067951	-6,047187	-7,286295	-7,265530	-6,891449	-6,870684

Πίνακας 6β: Περίοδος 11/4/2003 – 30/6/2007

	BEL 20	CAC 40	ASE G.I	NIKKEI225	DAX	FTSE 100	DJIA
skewness	-0,427	-1,413	-0,113	-0,371	-0,248	-0,382	-0,02
kurtosis	4,662	11,296	4,293	4,393	3,495	4,037	3,6202
Jarque-Bera	179,33	3943,317	88,58	128,0223	25,224	85,218	19,833

Στον Πίνακα 6α φαίνεται ότι καλύτερο υπόδειγμα προέκυψε το TAR_{CH}(1,1) στην πλειοψηφία, αφού για το Βέλγιο, τη Γαλλία, την Ελλάδα, την Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο βρέθηκαν οι χαμηλότερες τιμές για τα AIC-SIC. Για 2 χώρες, την Ιαπωνία και τις ΗΠΑ, καλύτερο υπόδειγμα είναι το EGARCH(1,1). Τα υποδείγματα ARCH(1) και GARCH(0,1) έχουν τις μεγαλύτερες τιμές AIC-SIC, που σημαίνει ότι τα αποτελέσματα των προβλέψεων των υποδειγμάτων αυτών, για μία ακόμη φορά, είναι τα λιγότερα ικανοποιητικά.

Επίσης για ακόμη μία φορά βλέπουμε ότι δεν μπορεί να απορριφθεί η υπόθεση για την κανονικότητα των τιμών της μεταβλητότητας, αφού όλες οι τιμές της στατιστικής συνάρτησης Jarque-Bera είναι αρκετά μεγάλες.

Πίνακας 7α: Περίοδος 1/1/2009 – 31/12/2010

	BEL 20		CAC 40		ASE G.I		NIKKEI225	
	AIC	SIC	AIC	SIC	AIC	SIC	AIC	SIC
ARCH(1)	-5,264924	-5,243806	-2,514981	-2,493863	-4,590831	-4,569713	-4,018718	-3,997599
ARCH(2)	-5,328965	-5,300808	-2,607157	-2,578999	-4,555485	-4,527327	-4,068810	-4,040653
ARCH(3)	-5,358325	-5,323129	-2,678757	-2,643560	-4,563956	-4,528759	-3,572012	-3,536815
GARCH(0,1)	-5,220972	-5,199854	-2,482616	-2,461498	-4,608227	-4,587109	-3,597131	-3,576013
GARCH(0,2)	-5,217797	-5,189640	-2,480346	-2,452189	-4,605256	-4,577099	-3,593431	-3,565274
GARCH(1,1)	-5,481456	-5,453299	-2,827425	-2,799267	-4,543244	-4,515086	-3,600095	-3,571938
TARCH(1,1)	-5,529892	-5,494695	-2,527840	-2,492643	-4,543672	-4,508475	-4,263331	-4,228134
EGARCH(1,1)	-5,545638	-5,510441	-3,019074	-2,983877	-4,625744	-4,590547	-4,252459	-4,217262

	DAX		FTSE 100		DJIA	
	AIC	SIC	AIC	SIC	AIC	SIC
ARCH(1)	-5,139218	-5,118099	-4,883805	-4,862687	-5,307343	-5,286225
ARCH(2)	-5,260254	-5,232096	-4,914527	-4,886369	-5,392023	-5,363866
ARCH(3)	-5,362197	-5,327000	-4,966460	-4,931263	-5,407722	-5,372525
GARCH(0,1)	-5,138372	-5,117254	-4,279531	-4,258413	-5,214108	-5,192990
GARCH(0,2)	-5,233816	-5,205659	-4,276710	-4,248553	-5,250648	-5,222490
GARCH(1,1)	-5,472480	-5,444323	-4,963766	-4,935608	-5,765808	-5,737651
TARCH(1,1)	-5,562817	-5,527620	-5,190202	-5,155006	-5,847163	-5,811966
EGARCH(1,1)	-5,552238	-5,517042	-5,163641	-5,128444	-5,857706	-5,822509

Πίνακας 7β: Περίοδος 1/1/2009 – 31/12/2010

	BEL 20	CAC 40	ASE G.I	NIKKEI225	DAX	FTSE 100	DJIA
skewness	-0,203	2,657	-3,67	4,6411	0,023	2,8	0,047
kurtosis	5,9922	46,525	50,03	85	4,537	40,33	4,83
Jarque-Bera	240,128	50630,03	59675,84	179363,8	62,32	37526,65	88,716

Στον Πίνακα 7α φαίνεται ότι καλύτερο υπόδειγμα αυτή τη φορά προέκυψε το GARCH(1,1), αφού για το Βέλγιο, τη Γαλλία, την Ελλάδα, την Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο βρέθηκαν οι χαμηλότερες τιμές για τα AIC-SIC. Για 2 χώρες, την Ιαπωνία και τις ΗΠΑ, καλύτερο υπόδειγμα είναι το TGARCH(1,1). Τα υποδείγματα GARCH(0,1) και GARCH(0,2) έχουν τις μεγαλύτερες τιμές AIC-SIC στην πλειοψηφία των χωρών, επομένως η προβλεπτική ικανότητα αυτών των 2 υποδειγμάτων είναι η λιγότερο ικανοποιητική.

Επίσης, στον πίνακα 7β, για ακόμη μία φορά βλέπουμε ότι δεν μπορεί να απορριφθεί η υπόθεση για την κανονικότητα των τιμών της μεταβλητότητας, αφού όλες οι τιμές της στατιστικής συνάρτησης Jarque-Bera είναι αρκετά μεγάλες.

Γενικά, στο σύνολο των ετών που μελετήσαμε, παρατηρούμε ότι τα υποδείγματα ARCH και GARCH δεν καταφέρνουν να προβλέψουν το ίδιο ικανοποιητικά σε σύγκριση με τα TARCH και EGARCH. Αυτό ίσως να συμβαίνει εξαιτίας της πολυπλοκότητας του τύπου των TARCH και EGARCH σε σχέση μετά ARCH και GARCH, χωρίς αυτό όμως να συμβαίνει κατά κανόνα.

6. Συμπεράσματα

Ανακεφαλαιώνοντας καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως ανάμεσα στις μεθοδολογίες του απλού κινητού μέσου, του τυχαίου περίπατου και της εκθετικής εξομάλυνση, η μέθοδος του τυχαίου περίπατου έφερε με διαφορά τα λιγότερο ικανοποιητικά αποτελέσματα, αφού στις περισσότερες των περιπτώσεων το μέσο τετραγωνικό σφάλμα που προέκυπτε με αυτή την μέθοδο ήταν αρκετά μεγαλύτερο σε σύγκριση με τις άλλες δύο μεθοδολογίες. Όσον αφορά τις μεθοδολογίες του κινητού μέσου και της εκθετικής εξομάλυνσης, δεν προέκυψε κάποιο ξεκάθαρο αποτέλεσμα, αφού τα μέσο τετραγωνικά σφάλματα από αυτές τις δύο μεθόδους ήταν αρκετά κοντά. Σαν γενικό συμπέρασμα όμως, μπορούμε να δεχθούμε ότι ο κινητός μέσος όρος έφερε τα πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Όσον αφορά τα υποδείγματα ARCH-GARCH, φάνηκε ξεκάθαρα ότι τα καλύτερα υποδείγματα είναι τα EGARCH και τα TARARCH με μεγάλη διαφορά από τα υποδείγματα ARCH και GARCH. Πιο συγκεκριμένα, τα EGARCH και τα TARARCH, λόγω της πολυπλοκότητας τους καταφέρνουν να προβλέπουν καλύτερα σε σχέση με τα πιο απλά αυτοπαλίνδρομα υποδείγματα, με αποτέλεσμα να έχουν πολύ μικρότερες τιμές AIC-SIC να είναι μικρότερες.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν έρχονται σε απόλυτη συμφωνία με εκείνα των Cao και Tsay, οι οποίοι το 1992 δούλεψαν πάνω σε ημερήσια δεδομένα, όπως ακριβώς εργαστήκαμε στην παρούσα εργασία. Τέλος, να αναφερθεί πως είναι εξαιρετικά σημαντική η συχνότητα των δεδομένων. Τα αποτελέσματα που θα είχαμε σε περίπτωση που εργαζόμασταν πάνω σε εβδομαδιαία ή ακόμα και μηνιαία δεδομένα, σε σύγκριση με τα ημερήσια, θα ήταν τελείως διαφορετικά. Επομένως, τα αποτελέσματα που λαμβάνουν από κάθε πρόβλεψη, είτε αυτή έγινε μέσω απλών υποδειγμάτων είτε μέσω πιο σύνθετων, εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την συχνότητα και τις περιόδους πάνω στις οποίες γίνεται η έρευνα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Akgiray v. 1989 “Conditional heteroscedasticity in time series of stock returns evidence and forecasts”, *Journal Of Business*
2. Cao C.Q. and R.S. Tsay. 1992 “Nonlinear time-series analysis of stock volatilities”, *Journal Of Applied Econometrics*, December, Supplement
3. Dimson E. and P. Marsh, 1990, “Volatility Forecasting without data-snooping”, *Journal Of Banking and Finance*
4. Brailsford T.J. and R.W. Faff, 1996, “An evaluation of volatility forecasting techniques”, *Journal of Banking and Finance*
5. Frances P.H. and D. van Djik, 1996, “Forecasting stock market volatility using nonlinear Garch models”, *Journal of Forecasting*
6. Frances P.H. and D. van Djik, 2000, “Nonlinear time series models in Empirical Finance”, Cambridge University Press
7. Balaban, Bayar, Asli and Faff Robert, 2006 “Forecasting stock market volatility: Further internation evidence”, *The European Journal of Finance*
8. Chris Brooks, “Introductory Econometrics for Finance 3rd Edition”
9. Engle, R.F. 1983, “Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation”, *Econometrica*
10. Ahmet Asarkya, 2010 “ Forecasting Volatility of Instabul Stock Exchange”, Instabul Bigli University
11. Cao, C.Q. and R.S. Tsay (1992) Nonlinear Time-Series Analysis of Stock Volatilities, *Journal of Applied Econometrics*, December, Supplement
12. Pan, H. and Z. Zhang (2006) Forecasting Financial Volatility: Evidence From Chinese Stock Market, *Durham Business School Working Paper Series*, 2006.02.
13. Tse, Y. K. (1991) Stock Returns Volatility in the Tokyo Stock Exchange, *Japan and The World Economy*, 3, 285-298.
14. Tse, S. H. and K. S. Tung (1992) Forecasting Volatility in the Singapore Stock Market, *Asia Pacific Journal of Management*, 9, 1-13.
15. Tae Huyp Roj, 2007, “ FOrecastin the volatility of stock price index”, *Expert Systems with Applications* 33, 916-922
16. Yu Wei et al, 2007, “ Forecasting crude oil market volatility: Further evidence using GARCH-class models”, *Energy Economics* 32, 1477-1484