



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΤΡΑΠΕΖΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΧΑΪΜΑΝΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

**ΕΙΝΑΙ Η ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ (ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ) ΠΡΑΓΜΑΤΙ
ΤΟ ΚΑΛΥΤΕΡΟ ΜΕΤΡΟ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥ
ΚΙΝΔΥΝΟΥ;**

ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΠΕΡΓΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ:

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΚΙΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΚΟΥΡΟΓΕΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η έννοια της μεταβλητότητας στις χρηματοοικονομικές επενδύσεις, έχει διαδραματίσει έναν από τους πιο σημαντικούς ρόλους, καθώς θεωρείται σχεδόν ταυτόσημη με τον χρηματοοικονομικό κίνδυνο. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν πολλοί αναλυτές που υποστηρίζουν ότι δεν αποτελεί την καλύτερη δυνατή αντιπροσώπευση του κινδύνου αυτού. Η παρούσα διατριβή, αρχικά περιγράφει τα χαρακτηριστικά της μεταβλητότητας, τη συμπεριφορά της και τον τρόπο, με τον οποίο επηρεάζει τις επενδύσεις. Στη συνέχεια παραθέτει ένα σημαντικό τμήμα της υπάρχουσας βιβλιογραφίας που αφορά σ' αυτήν αλλά και γενικότερα στον κίνδυνο των επενδύσεων. Περιγράφει, ακόμη, διάφορα μοντέλα που έχουν προταθεί κατά καιρούς και χρησιμοποιούνται ως μαθηματικές εκφράσεις της μεταβλητότητας και συνεχίζει με την αναφορά σε μοντέλα κινδύνου. Πριν το τέλος της εργασίας αυτής, αναπτύσσονται τα οικονομετρικά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν για την εμπειρική ανάλυση, η οποία και ολοκληρώνει το περιεχόμενο της διατριβής. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε σε δεδομένα που γενικά αντιπροσώπευαν το σύνολο της παγκόσμιας οικονομίας και τα αποτελέσματά της δείχνουν είτε μη σημαντική, στατιστικά, σχέση ανάμεσα σε αποδόσεις και μεταβλητότητα είτε ασθενή θετική συσχέτιση, γεγονός που συνηγορεί με τις προτάσεις για αναζήτηση άλλων μέτρων κινδύνου.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Μεταβλητότητα, διακύμανση, realized variance, realized volatility, ημι-τυπική απόκλιση, GARCH, ARMA, HAR

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΟΙ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ, Η ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΚΑΙ Η ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥΣ.....	7
1.1 Η σχέση ανάμεσα στην απόδοση και τη μεταβλητότητα.....	8
1.2 Η μορφή και η συμπεριφορά της μεταβλητότητας.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	13
2.1 K. R. French, G. W. Schwert, R. F. Stambaugh, (1987).....	13
2.2 R. T. Baillie, R. P. DeGennaro, (1990).....	14
2.3 G. W. Schwert, P. J. Seguin, (1990).....	14
2.4 R. G. Glosten, R. Jaganathan, D. E. Runkle, (1993).....	15
2.5 T. G. Andersen, T. Bollerslev, (1997).....	15
2.6 P. Artzner, F. Delbaen, J-M. Eber, D Heath, (1999).....	16
2.7 T. C. Chiang, S-C. Doong, (2001).....	17
2.8 C. F. Lee, G-M. Chen, O. M. Rui, (2001).....	17
2.9 C. Acerbi, C. Nordio, C. Sirtori, (2001).....	18
2.10 M. W. Brandt, Q. Kang, (2002).....	18
2.11 B. M. Tabak, S. M. Guerra, (2002).....	19
2.12 Q. Li, J. Yang, C Hsiao, Y-J. Chang, (2005).....	19
2.13 P. R. Hansen, A Lunde, (2006).....	20
2.14 O. E. Barndorff-Nielsen, N. Shephard, (2006).....	20
2.15 H-C. Chou, D. Wang, (2007).....	21
2.16 L. Forsberg, E. Ghysels (2007).....	21
2.17 T. Adrian, J Rosenberg, (2008).....	22

2.18 O. E. Barndorff-Nielsen, S. Kinnebrok, N. Shephard, (2008).....	23
2.19 C. T. Brownlees, G. M. Gallo, (2010).....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΤΡΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ.....	25
3.1 Ο τυπικός ορισμός της μεταβλητότητας.....	26
3.2 Stochastic, Integrated και Quadratic volatility.....	26
3.3 Realized Volatility.....	28
3.4 Απόλυτες αποδόσεις και Realized Absolute Values.....	29
3.6 Bipower Variation.....	30
3.7 Two-Scale Realized Variance.....	32
3.8 Observed Daily Range.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Ο ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ.....	35
4.1 Τα χαρακτηριστικά των συνεκτικών μέτρων κινδύνου.....	35
4.2 Ημιδιακύμανση και ημι-τυπική απόκλιση.....	38
4.3 Value at Risk.....	40
4.4 Expected Shortfall.....	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΟΙΚΟΝΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ.....	44
5.1 ARMA.....	44
5.2 GARCH.....	46
5.3 Το μοντέλο HAR.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	52
6.1 Ανάλυση με τη χρήση GARCH.....	54
6.2 Ανάλυση με τη χρήση της δομής του HAR-RV.....	55
6.3 Τα αποτελέσματα των αναλύσεων.....	57
6.4 Συμπεράσματα.....	59
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	60

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Καθημερινά, στην παγκόσμια αγορά, πραγματοποιούνται εκατομμύρια συναλλαγές. Από τον όγκο αυτών των συναλλαγών, το μεγαλύτερο μέρος ανήκει στον χρηματοοικονομικό τομέα. Αξίες πολλών δισεκατομμυρίων δολαρίων διακινούνται καθημερινά στα χρηματιστήρια όλου του κόσμου. Έτσι, μέσω της προσφοράς και της ζήτησης, διαμορφώνονται οι τιμές για τα περιουσιακά στοιχεία όλων των ειδών, είτε αυτά είναι μετοχές και εμπορεύσιμα αγαθά είτε συνάλλαγμα και διάφορα άλλα αξιόγραφα.

Προσπάθεια καταβάλλεται, φυσικά, από τους επενδυτές για την πρόβλεψη των μελλοντικών αποδόσεων, έτσι ώστε να εξασφαλίσουν την κερδοφορία των επενδύσεών τους. Η μεταβλητότητα, όμως, των τιμών είναι ένας παράγοντας αβεβαιότητας που περιορίζει την ακρίβεια των προβλέψεων αυτών και για πολλές δεκαετίες οι αγορές την ταύτιζαν με τον κίνδυνο. Έτσι, μεγάλο μέρος της προσοχής των χρηματοοικονομικών αναλυτών, των ίδιων των επενδυτών αλλά και των πανεπιστημιακών επικεντρώθηκε στη μελέτη της. Αφ' ενός κατευθύνθηκε, η μελέτη αυτή, προς τη σχέση της μεταβλητότητας με τις αποδόσεις των παραπάνω περιουσιακών στοιχείων και αφ' ετέρου προς την ίδια τη μορφή της και τη συμπεριφορά της ως προς διάφορους παράγοντες. Για καλύτερη μελέτη της μορφής της, δημιουργήθηκαν διάφορα μοντέλα, με τα οποία μπορεί να ποσοτικοποιηθεί η συμπεριφορά της. Το κάθε τέτοιο μοντέλο στοχεύει στην αντιμετώπιση ή ενδεχομένως αξιοποίηση ενός ή περισσότερων από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της. Άλλα μέτρα μεταβλητότητας είναι κατάλληλα για δεδομένα χαμηλής ή μέσης συχνότητας και άλλα για παρατηρήσεις υψηλής και υπερυψηλής συχνότητας. Τα μεν παρουσιάζουν ευαισθησία στις διάφορες μακροοικονομικές ανακοινώσεις, τα δε στον θόρυβο που προκαλείται από παράγοντες όπως ανισοκατανομή της πληροφόρησης και διαμόρφωση διαφορετικών προσδοκιών από επενδυτή σε επενδυτή.

Άμεση συνέπεια της ανάπτυξης διαφόρων μοντέλων μεταβλητότητας είναι η παράλληλη ανάπτυξη και οικονομετρικών μοντέλων που θα μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα πρώτα με τον αποτελεσματικότερο δυνατό τρόπο. Έτσι, οι οικονομέτρες προσεγγίζουν το θέμα από διάφορες οπτικές γωνίες και με

διαφορετικές επιμέρους επιδιώξεις αλλά πάντα με κοινό στόχο την κατά το δυνατόν καλύτερη πρόβλεψη των μελλοντικών αποδόσεων και την όσο γίνεται καλύτερη εκτίμηση του κινδύνου. Το τελευταίο, βέβαια, ισχύει αν εξ αρχής θεωρήσουμε τη μεταβλητότητα ως ένα αποτελεσματικό μέτρο για τον κίνδυνο.

Εξάλλου, τον χρηματοοικονομικό κίνδυνο έχουν επιχειρήσει κατά καιρούς να τον εκτιμήσουν, όσοι ασχολούνται με το αντικείμενο, με διάφορους τρόπους, είτε συναρτήσκει στατιστικών χαρακτηριστικών των εκάστοτε δεδομένων (διακύμανση, ημιδιακύμανση, τυπική απόκλιση κ.τ.λ.) είτε ως ένα χρηματικό ποσό, αντίστοιχο της αξίας που μπορεί να απωλέσει το κάθε χαρτοφυλάκιο σε ατυχείς περιπτώσεις. Παρά το γεγονός ότι για αρκετές δεκαετίες, το σύνολο σχεδόν των επενδυτών, ταύτιζαν τη μεταβλητότητα με τον κίνδυνο, τα τελευταία χρόνια αναζητούνται, πλέον, άλλα μέτρα κινδύνου, πιο αντιπροσωπευτικά αυτής και παράλληλα πιο κατανοητά, όσο είναι δυνατόν, στο ευρύ κοινό. Μάλιστα, υπάρχουν μελέτες που έχουν ασχοληθεί επισταμένα με τις ιδιότητες που πρέπει να έχει ένα μέτρο κινδύνου για να είναι χρηστικό (Pedersen και Satchell, 1998), (Artzner et al. 1999).

Η εμπειρική μελέτη που πραγματοποιείται, δίνει σαφείς ενδείξεις για τους λόγους που οδηγούν τους επενδυτές στην αμφισβήτηση της αξιοπιστίας της μεταβλητότητας ως μέτρου κινδύνου. Το δείγμα έχει επιλεγεί κατά τρόπο που να αντιπροσωπεύει όσο το δυνατόν καλύτερα την παγκόσμια αγορά. Σε καμία περίπτωση δεν προκύπτει κάποιου είδους ισχυρή αρνητική σχέση ανάμεσα σ' αυτήν και στις αποδόσεις και όπου υπάρχει συσχέτιση, αυτή είναι θετική. Επομένως, είναι λογικό να αναζητούνται, από μεγάλη μερίδα των επενδυτών, άλλα μέτρα που να αντιπροσωπεύουν με πιο ακριβή τρόπο τον κίνδυνο που ελλοχεύει πίσω από κάθε επένδυση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΟΙ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ, Η ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΚΑΙ Η ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥΣ

Ο όρος «μεταβλητότητα» στον κόσμο των χρηματοοικονομικών αναφέρεται σχεδόν αποκλειστικά στην τάση της μεταβολής που μπορεί να έχουν οι αποδόσεις διαφόρων περιουσιακών στοιχείων, μεμονομένων μετοχών ή χαρτοφυλακίων. Ως απόδοση ορίζεται η ποσοστιαία μεταβολή της αξίας των παραπάνω ανάμεσα σε δύο χρονικές στιγμές. Θετική απόδοση σημαίνει κέρδος ενώ αρνητική, αντίστοιχα, συνεπάγεται ζημία. Όσο περισσότερο η παγκόσμια αγορά χρήματος, συνεπώς και οι επενδύσεις της, απομακρύνονται από τη λεγόμενη «πραγματική οικονομία», τόσο περισσότερο είναι αναγκαία η στατιστική μελέτη των προϊόντων της. Η ανάγκη, επομένως, για συστηματική μελέτη της μεταβλητότητας αυξάνεται διαρκώς. Αναλυτές, επενδυτές και πανεπιστημιακοί, σχεδόν την ταυτίζουν με τον κίνδυνο και η αύξησή της αποτελεί εν γένει αποτρεπτικό παράγοντα για τις επενδύσεις. Σύμφωνα με τον τυπικό ορισμό της, η μεταβλητότητα είναι η τυπική απόκλιση των ιστορικών παρατηρήσεων των αποδόσεων μιας μετοχής, ενός δείκτη ή ενός εμπορεύσιμου αγαθού. Βέβαια, για να μπορούν να γίνουν καλύτερες εκτιμήσεις για το μελλοντικό κίνδυνο μιας επένδυσης, εκτός από τη διακύμανση που ως προς τις ιδιότητές της δε διαφέρει ιδιαίτερα από την τυπική απόκλιση, χρησιμοποιούνται και άλλα μέτρα της ευρύτερης έννοιας της μεταβλητότητας. Το κάθε ένα από αυτά τα μέτρα στοχεύει στην αντιμετώπιση μίας ή περισσοτέρων από τις ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει η συμπεριφορά της, οι οποίες και δυσχαιρένουν, συνήθως, τις προβλέψεις. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν μελέτες που δείχνουν ότι η μεταβλητότητα δε σχετίζεται άμεσα με τις αποδόσεις ή ότι η συσχέτισή της με αυτές δεν είναι αρνητική (Baillie και DeGennaro, 1990), (Lee, Chen και Rui, 2001). Αυτό μπορεί να οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι δε χρησιμοποιούν όλοι οι επενδυτές ως αποκλειστικό μέτρο κινδύνου τη μεταβλητότητα ή αν το πράττουν, τότε κατά πάσα πιθανότητα δεν έχουν και την ορθολογικότερη των συμπεριφορών. Έτσι, για να γίνουν πιο εγκυρες προβλέψεις για τη μελλοντική απόδοση μιας επένδυσης, ενδεχομένως θα πρέπει να αναζητηθούν άλλα υποδείγματα εκτίμησης του κινδύνου.

1.1 Η σχέση ανάμεσα στην απόδοση και τη μεταβλητότητα

Το ιδιαίτερο εκείνο χαρακτηριστικό που καθιστά δύσκολη τη μελέτη της σχέσης ανάμεσα σε αποδόσεις και μεταβλητότητα, είναι το γεγονός ότι οι μεν δημιουργούν τη δε και αντίστροφα. Η εκάστοτε θετική τιμή της απόδοσης θα προσελκύσει επενδυτές και θα ενισχυθούν ακόμη περισσότερο οι μελλοντικές αποδόσεις και αντίστοιχα, η αρνητική απόδοση θα μειώσει τη ζήτηση και θα οδηγήσει τους επενδυτές σε πώληση με αποτέλεσμα η απόδοση να μειωθεί περαιτέρω. Μέσα στα πλαίσια όμως αυτού του γενικού κανόνα, το επιμέρους ζητούμενο είναι ένα αξιόγραφο με συνολικά θετική «εικόνα» να μπορεί και να τη διατηρήσει θετική. Αν δηλαδή μία μετοχή τη μία μέρα σημειώνει μεγάλη θετική απόδοση και την επόμενη μεγάλη αρνητική, τότε είναι εύκολο, ένας επενδυτής που δεν πρόλαβε να πουλήσει τη μετοχή πριν από τους υπολοίπους, να μείνει τελικά «εγκλωβισμένος» σε διαδοχικές αρνητικές αποδόσεις. Αντίθετα, αν μια μετοχή έχει μια όχι ιδιαίτερα υψηλή μέση θετική απόδοση αλλά δεν αποκλίνει ιδιαίτερα από αυτήν, θα περάσει σε αρνητικό πρόσημο πολύ λιγότερες φορές στο ίδιο χρονικό διάστημα και με σαφώς μικρότερη απόλυτη τιμή. Σύμφωνα με τους Brandt και Kang (2002), ανάλογα με τη φάση του οικονομικού κύκλου της ευρύτερης οικονομίας, άλλες φορές η μεταβλητότητα διαμορφώνει προσδοκίες για τις αποδόσεις και άλλες συμβαίνει το ακριβώς αντίστροφο.

Εκείνο που είναι δύσκολο να προβλεφθεί είναι από ποια τιμή μεταβλητότητας και μετά ξεκινούν οι μαζικές πωλήσεις του εκάστοτε περιουσιακού στοιχείου που οδηγούν στην τελική παγίωση των αρνητικών τιμών των αποδόσεων. Αυτό φυσικά εξαρτάται από μια πληθώρα παραγόντων. Πρωτίστως, διαμορφώνεται από τη γενικότερη κατάσταση των αγορών. Οι Schwert και Seguin (1990) βρίσκουν ότι υπάρχουν παράγοντες σε κάθε αγορά που επηρεάζουν, για παράδειγμα, όλες τις μετοχές αυτής. Είναι ευρέως γνωστό ότι σε μια αγορά με συνολικά υψηλή μεταβλητότητα είναι πολύ εύκολο να παρατηρηθούν αμφίπλευρα ακραίες τιμές απόδοσης σε κάθε αξιόγραφο ή εμπορεύσιμο αγαθό. Έτσι, είναι πολλές οι μελέτες που βρίσκουν αρνητική συσχέτιση ανάμεσα σε αποδόσεις και μεταβλητότητα, Brandt και Kang (2002), French et al. (1987), Glosten et al. (1993) και Adrian και Rosenberg (2008). Οι δύο τελευταίες μελέτες καταλήγουν σε αυτό το αποτέλεσμα όταν λαμβάνουν υπ' όψη τους το λεγόμενο leverage effect. Αυτό το φαινόμενο έχει

ως εξής: όταν ελαττώνεται η τιμή μιας μετοχής, ουσιαστικά αλλάζει η κεφαλαιακή δομή της εταιρίας που την έχει εκδόσει καθώς αυξάνεται η μόχλευση της, με αποτέλεσμα να αναμένουν οι επενδυτές μεγαλύτερη μεταβλητότητα στο μέλλον και να αποφεύγουν τη συγκεκριμένη μετοχή.

Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν παράγοντες στην αγορά που ωθούν προς την αντίθετη κατεύθυνση, δηλαδή, να διαμορφώνονται αποδόσεις χωρίς να λαμβάνεται άμεσα υπ' όψη η μεταβλητότητα. Ενίοτε μάλιστα, η υψηλή διακύμανση μπορεί και να είναι επιθυμητή. Κλασικό παράδειγμα της τελευταίας αυτής περίπτωσης είναι η αγορά παραγώγων, στην οποία τα «δικαιώματα προαίρεσης» (options) όχι μόνο δεν υποβαθμίζονται από την υψηλή μεταβλητότητα του υποκείμενου τίτλου τους αλλά αντίθετα, ανατιμώνται σ' αυτήν την περίπτωση. Ο λόγος είναι ότι σε αυτού του είδους τα αξιόγραφα δεν εξασκείται το εκάστοτε εν λόγω δικαίωμα αν η τιμή του υποκείμενου τίτλου περάσει ένα ανώτατο ή ένα κατώτατο όριο, ανάλογα με την περίπτωση. Έτσι, ο κάτοχός τους μπορεί να επωφεληθεί από τη μία πλευρά της διακύμανσης της τιμής του υποκείμενου τίτλου ενώ από την άλλη, η μόνη ζημία που μπορεί να έχει είναι το ίδιο το κόστος κτήσης του option.

Μία άλλη αιτία για τη μη λήψη της μεταβλητότητας άμεσα υπ' όψη, είναι το γεγονός ότι δεν είναι το ίδιο να αγοράζεται μια μετοχή «φθηνά» και να αυξάνεται η τιμή της και το ίδιο να αγοράζεται «ακριβά» και να ελαττώνεται η τιμή της. Η πρώτη περίπτωση είναι «ευχής έργο» ενώ η δεύτερη μπορεί να αποβεί καταστροφική για έναν επενδυτή. Έτσι έχουν αναπτυχθεί διάφορα άλλα μέτρα κινδύνου που θα περιγραφούν στη συνέχεια της παρούσας διατριβής. Τέτοια είναι η ημιδιακύμανση (semivariance) που τα τελευταία χρόνια προσεκλύει αυξανόμενο ενδιαφέρον γιατί εκτιμά με περισσότερη βαρύτητα το ενδεχόμενο αρνητικής απόδοσης και υποδείγματα όπως το «Value at Risk» και το «Expected Shortfall» που εξετάζουν μόνο το αριστερό άκρο της κατανομής των αποδόσεων, καθώς το ζητούμενο είναι να αποφευχθεί μια απρόβλεπτα μεγάλη ζημία. Προφανώς, μια θετική απόδοση, όσο μεγάλη και να είναι αυτή, σε καμία περίπτωση δε μπορεί να είναι ανεπιθύμητη.

1.2 Η μορφή και η συμπεριφορά της μεταβλητότητας

Για να μελετηθεί στατιστικά η μεταβλητότητα έτσι ώστε να μπορούν να αξιολογηθούν στη συνέχεια τα αποτελέσματα που θα προκύψουν, πρέπει να υπάρχει, κατ' αρχάς, κατανόηση της μορφής της και πώς αυτή επηρεάζεται από εξωγενείς παράγοντες. Το σίγουρο είναι ότι σπανίως μένει ανέπαφη από τους οικονομικούς κύκλους. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αναλόγως με τη διακύμανση των αποδόσεων, θα διαμορφωθεί και η μεταβλητότητα. Ακραίες τιμές απόδοσης ισοδυναμούν με αυξημένη μεταβλητότητα. Αντίθετα, όταν οι αποδόσεις αποκλίνουν λίγο από την τιμή που αναμένει γι' αυτές η αγορά, παραμένει κι αυτή σε χαμηλές τιμές. Συνεπώς η επίδραση των οικονομικών κύκλων σ' αυτήν, εξαρτάται από το μέγεθος της επίδρασής τους στις αποδόσεις. Αν μια εταιρία ακολουθεί τις οικονομικές διακυμάνσεις της ευρύτερης οικονομίας στην οποία δραστηριοποιείται, το ίδιο θα κάνει και η μετοχή της, επομένως και η μεταβλητότητά της. Αν, βέβαια, μια εταιρία που δραστηριοποιείται σε μια χώρα με σοβαρή ύφεση, έχει αποκλειστικά εξαγωγική δραστηριότητα, θα έχει και μικρότερη επίδραση από τους κύκλους. Αν, μάλιστα, εισάγει και τις πρώτες ύλες από τρίτες χώρες, τότε η μετοχή της δεν έχει πολλές πιθανότητες να παρουσιάσει υψηλή μεταβλητότητα.

Στο σημείο αυτό, όμως, πρέπει να γίνει ένας διαχωρισμός ανάμεσα σε μακροπρόθεσμη και βραχυπρόθεσμη μεταβλητότητα. Ανάλογα, δηλαδή με τη συχνότητα, με την οποία παίρνουμε παρατηρήσεις, αλλάζει και η εξάρτηση της μεταβλητότητας από τους οικονομικούς κύκλους και από άλλους παράγοντες (Adrian και Rosenberg, 2008). Υπάρχουν φυσικά διακυμάνσεις που οφείλονται σε ανακοινώσεις μακροοικονομικών ζητημάτων και μπορεί να έχουν περίοδο από μερικούς μήνες μέχρι μερικά χρόνια. Είναι γνωστό, επίσης, ότι υπάρχει εβδομαδιαία κυκλικότητα στα χρηματιστήρια. Συχνά, παράγοντες της αγοράς κάνουν λόγο για το φαινόμενο του Σαββατοκύριακου ή της Δευτέρας και υπάρχουν διάφορες απόψεις για την αιτία της κυκλικότητας αυτής. Αντίστοιχα, μέσα στη διάρκεια της ημέρας υπάρχει διακύμανση, η οποία προέρχεται από παράγοντες σχετικούς με τις ίδιες τις διαδικασίες της αγοράς. Τέτοιοι, είναι η διαφορά στις τιμές αγοράς και πώλησης (bid-ask spread) και το γεγονός ότι ανακοινώνονται ταυτόχρονα, από ανταγωνιστικές πλευρές, διαφορετικές τιμές για το ίδιο

περιουσιακό στοιχείο είτε λόγω ασύμμετρης πληροφόρησης είτε λόγω διαφορετικών προσδοκιών και επενδυτικών θέσεων (Andersen, Bollerslev, Meddahi, 2011). Παράλληλα, στα πολύ υψηλής συχνότητας δεδομένα, υπάρχει έντονη διαχρονική συσχέτιση (Brownlees και Gallo, 2010). Οι παραπάνω παράγοντες προκαλούν σημαντική ποσότητα θορύβου στις αναλύσεις των δεδομένων αυτών. Ο θόρυβος αυτός ονομάζεται Market Microstructure Noise και κάθε αναλυτής που χρησιμοποιεί σαν δείγμα, δεδομένα υψηλής συχνότητας, δηλαδή παρατηρήσεις ανά τριάντα ή ακόμα και ανά πέντε λεπτά, θα πρέπει με κάποιον τρόπο να τον μοντελοποιήσει και να τον συνυπολογήσει κατάλληλα, διαφορετικά, καλύτερα να επιλέξει χαμηλότερης συχνότητας παρατηρήσεις (Zhang et al. 2005a).

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό της μεταβλητότητας που προβληματίζει τους αναλυτές είναι το γεγονός ότι στην πραγματικότητα δεν είναι συνεχής συνάρτηση του χρόνου. Παρ' όλο που μπορούμε να την θεωρήσουμε συνεχή καθώς συναλλαγές πραγματοποιούνται κάθε δευτερόλεπτο, υπάρχουν σημεία της που παρουσιάζουν ασυνέχεια. Οι ασυνέχειες αυτές (jumps) είναι αποτέλεσμα της απότομης αλλαγής στην τιμή μιας μετοχής ή ενός νομίσματος για παράδειγμα. Έτσι, τη μία στιγμή η απόδοση της μετοχής μπορεί να είναι ελαφρά αρνητική και την επόμενη έντονα θετική. Αυτό θα αποτυπωθεί στις τιμές της μεταβλητότητας ως ένα «πήδημα», μια απότομη αύξηση. Τέτοιες ασυνέχειες προκαλούνται συχνά τη στιγμή σημαντικών μακροοικονομικών ή πολιτικών ανακοινώσεων (Barndorff-Nielsen και Shephard, 2006) αλλά και γεγονότων που αναμένεται να επηρεάσουν άμεσα την αγορά ή συγκεκριμένες εταιρίες.

Τέτοιες ασυνέχειες ωθούν τους αναλυτές στο διαχωρισμό της μεταβλητότητας σε δύο σκέλη. Την προβλέψιμη και την απρόβλεπτη (Andersen et al. 2007). Το πρώτο σκέλος περιλαμβάνει όλες εκείνες τις παρατηρήσεις, στις οποίες η μεταβλητότητα κινείται μέσα σε κάποια όρια που οι επενδυτές μπορούν να προβλέψουν και φροντίζουν κάθε φορά να έχουν εξασφαλίσει τις επενδύσεις τους απέναντι σ' αυτές τις διακυμάνσεις. Το δεύτερο σκέλος περιλαμβάνει τις εξαιρετικές εκείνες τιμές που δεν μπορεί να έχει υποψιαστεί κανείς αν δεν έχει εκ των προτέρων πληροφόρηση για τις επερχόμενες εξελίξεις. Επειδή αυτά τα jumps συχνά γίνονται αιτία για σημαντικές απώλειες, οι αναλυτές έχουν αφιερώσει ένα μεγάλο μέρος των μελετών και φυσικά και της βιβλιογραφίας τους στη

μοντελοποίηση τέτοιων φαινομένων έτσι ώστε να μπορούν ως ένα βαθμό οι επενδυτές να υποψιάζονται τι θα συμβεί και να αντιδρούν αναλόγως.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Λόγω της σημαντικότητας του κινδύνου για τις χρηματοοικονομικές επενδύσεις, είναι τόσο μεγάλος ο αριθμός των υπαρχόντων άρθρων και βιβλίων και τόσο ποικίλο το περιεχόμενό τους που, πρακτικά, είναι σχεδόν αδύνατο να ελεγχθούν όλα λεπτομερώς, τουλάχιστον μέσα στα πλαίσια της χρονικής διάρκειας ενός μεταπτυχιακού τμήματος. Η βιβλιογραφία που έχει αναπτυχθεί τις τελευταίες δεκαετίες και σχετίζεται με το θέμα της παρούσας εργασίας, μπορεί να χωρισθεί εν γένει σε δύο ενότητες. Στην πρώτη εντάσσονται τα άρθρα που μελετούν το βαθμό και το είδος της συσχέτισης που υπάρχει ανάμεσα στις αποδόσεις των μετοχών ή των δεικτών και στη μεταβλητότητα που αυτές ή αυτοί παρουσιάζουν. Στη δεύτερη ενότητα κατατάσσονται μελέτες που αφορούν γενικότερα τη μεταβλητότητα και τα διάφορα μέτρα, με τα οποία μπορεί αυτή να προσδιοριστεί καθώς επίσης και διάφορα άλλα μέτρα κινδύνου που κατά καιρούς έχουν μελετηθεί ή και χρησιμοποιηθεί. Κάποια από αυτά αξιολογούνται ως προς την προβλεπτική τους ικανότητα ενώ κατά περιπτώσεις προτείνονται αποτελεσματικοί τρόποι χρήσης τους ή συγκρίνονται και μεταξύ τους. Η βιβλιογραφία αυτή παρατίθεται παρακάτω με χρονολογική σειρά

2.1 K. R. French, G. W. Schwert, R. F. Stambaugh, (1987)

Εξετάζουν κατά πόσο το απαιτούμενο risk premium των μετοχών σχετίζεται με το volatility. Χρησιμοποιούν ARMA και ARIMA για την εκτίμηση της αναμενόμενης απόδοσης και GARCH και GARCH-M για την εκτίμηση της μεταβλητότητας. Ως δεδομένα χρησιμοποιούν ημερήσιες τιμές του S&P 500 και τον CRSP value weighted index του NYSE από τον Ιανουάριο του 1928 μέχρι το Δεκέμβριο του 1984. Βρίσκουν θετική σχέση ανάμεσα στο αναμενόμενο risk premium και την αναμενόμενη μεταβλητότητα, την οποία σχέση εκλαμβάνουν ως εξήγηση της ισχυρής αρνητικής συσχέτισης των expected returns και της ex-ante μεταβλητότητας.

2.2 R. T. Baillie, R. P. DeGennaro, (1990)

Οι Baillie και DeGennaro χρησιμοποιούν το GARCH για να εξετάσουν κατά πόσο οι ημερήσιες αποδόσεις συσχετίζονται με τη μεταβλητότητα των διαφόρων περιουσιακών στοιχείων. Έχοντας βρει, εκ των προτέρων, ότι καθοριστική σημασία για την εκτίμηση της αναμενόμενης τιμής της απόδοσής τους έχει το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα στη συμφωνία για τη μεταβίβασή τους και στην πραγματική μεταβίβαση του τίτλου τους, τροποποιούν τη γενική μορφή του μοντέλου έτσι ώστε να χρησιμοποιεί το Federal Funds Rate στην εξίσωση εκτίμησης της τιμής της απόδοσης αλλά και στην εξίσωση της διακύμανσης για να εκφράζει όσο το δυνατόν καλύτερα την επίδραση της καθυστέρησης αυτής. Στην εξίσωση της απόδοσης, χρησιμοποιούν διαδοχικά και την εκτίμηση της διακύμανσης και την αντίστοιχη τυπική απόκλιση. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούν προέρχονται από το value weighted index του CRSP (Center for research in Security Prices). Στις ημερήσιες τιμές των αποδόσεων συμπεριλαμβάνονται και οι μερισματικές αποδόσεις ενώ στα μηνιαία δεδομένα όχι. Τα ημερήσια δεδομένα είναι από την αρχή του 1970 μέχρι σχεδόν το τέλος (22 Δεκεμβρίου) του 1987 και τα μηνιαία κάλυπταν την περίοδο Φεβρουαρίου 1938 – Δεκεμβρίου 1984. Υποθέτοντας κατανομή Student, δεν βρίσκουν κάποια στατιστικά σημαντική σχέση ανάμεσα στις αποδόσεις και τη μεταβλητότητα και προτείνουν την αναζήτηση άλλων μέτρων κινδύνου.

2.3 G. W. Schwert, P. J. Seguin, (1990)

Συσχετίζουν τη μεταβλητότητα πέντε διαφορετικών χαρτοφυλακίων επιλεγμένων με βάση την κεφαλαιοποίηση των αντιστοίχων εταιριών, με τη μεταβλητότητα της αγοράς μέσω CAPM. Κατά τον ίδιο τρόπο συσχετίζουν και τις αντίστοιχες αποδόσεις. Στη συνέχεια με τη χρήση πολυμεταβλητού GARCH εκτιμούν τη μεταβλητότητα και τις αποδόσεις των χαρτοφυλακίων αυτών καθώς και του συνόλου της αγοράς και εξετάζουν την αλληλεπίδραση των μετοχών με το σύνολο ως προς τα δύο αυτά χαρακτηριστικά τους. Τα δεδομένα τους προέρχονται από τον S&P500 για την περίοδο 1928-1986, από το Weighted Average Dow Jones industrial And Transportation Portfolio για την περίοδο 1926-

1927 και τέλος γίνεται και χρήση των δεδομένων του CRSP equally weighted portfolio του NYSE. Τελικά, από τη μελέτη των παραπάνω πέντε χαρτοφυλακίων, βρίσκουν ότι υπάρχει ένας παράγοντας της αγοράς στην ετεροσκεδαστικότητα των μηνιαίων αποδόσεων. Η μεταβλητότητα των μηνιαίων αποδόσεων αυτών των χαρτοφυλακίων σχετίζεται άμεσα με τις αυτοπαλίνδρομες προβλέψεις αυτού του παράγοντα μεταβλητότητας της αγοράς.

2.4 R. G. Glosten, R. Jaganathan, D. E. Runkle, (1993)

Η συγκεκριμένη ομάδα τροποποιεί την κλασική μορφή του GARCH-M έτσι ώστε να μπορεί αυτό, με τη χρήση dummy variables, να απεικονίσει τη διαφορετική επίδραση που έχουν πάνω στις μελλοντικές αποδόσεις οι θετικές και οι αρνητικές «εκπλήξεις» στις τωρινές τιμές τους. Τα δεδομένα προέρχονται από τον CRSP value weighted index πάνω στον NYSE. Βρίσκουν μια θετική αλλά όχι ιδιαίτερα σημαντική σχέση ανάμεσα σε conditional mean και conditional volatility όταν χρησιμοποιούν το τυπικό GARCH-M αλλά όταν τροποποιηθεί το μοντέλο για να επιτρέπει διαφορετικές επιδράσεις από απρόβλεπτες θετικές και αρνητικές αποδόσεις, τότε η σχέση που προκύπτει είναι αρνητική και ενισχύεται ακόμη περισσότερο όταν το μοντέλο περιλαμβάνει ντετερμινιστικές μεταβλητές, όπως και το ακίνδυνο επιτόκιο.

2.5 T. G. Andersen, T. Bollerslev, (1997)

Το GARCH και οι διάφορες περαλλαγές και τροποποιήσεις του δέχονται έντονη κριτική για την προβλεπτική τους ικανότητα. Ο λόγος γι' αυτό είναι ότι οι τετραγωνικές αποδόσεις, όπως και οι απόλυτες αποδόσεις είναι μέτρα μεταβλητότητας που έχουν αρκετό θόρυβο. Αυτό το γεγονός ενισχύεται ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται για την ανάλυση ημερήσιων δεδομένων. Για να απαντήσουν, λοιπόν, στις κριτικές αυτές οι Andersen και Bollerslev, πραγματοποιούν προσαρμογές, διαμερίζοντας περαιτέρω την κάθε ημέρα σε περισσότερες χρονικές περιόδους αλλά και χρησιμοποιώντας και συνεχή χρόνο υποθέτοντας ότι οι αποδόσεις ακολουθούν τυπική Wiener process, έτσι ώστε να

μπορέσει το GARCH και οι παραλλαγές του να χρησιμοποιήσουν υψίσυχνα δεδομένα μειώνοντας τις συνέπειες του θορύβου. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούν είναι ημερήσιες τιμές των ισοτιμιών μάρκου-δολαρίου και γιεν-δολαρίου από 01/10/1987 έως 30/09/1993 και πεντάλεπτες παρατηρήσεις των ίδιων ισοτιμιών από 01/10/1992 έως 30/09/1993. Τελικά, καταλήγουν στο αποτέλεσμα ότι η, κατά περιπτώσεις, περιορισμένη απόδοση του GARCH οφείλεται στην εσφαλμένη επιλογή των εκάστοτε προδιαγραφών του και ότι με σωστή επιλογή των παραμέτρων του μπορεί να κάνει καλές προβλέψεις για τη μελλοντική μεταβλητότητα.

2.6 P. Artzner, F. Delbaen, J-M. Eber, D Heath, (1999)

Αρχικά δίνουν έναν ορισμό του κινδύνου, όχι μόνο του οικονομικού αλλά μια ευρύτερη θεώρηση του θέματος. Για το τμήμα του οικονομικού κινδύνου δεν υποθέτουν πληρότητα των αγορών. Μέσα σ' αυτό το πλαίσιο, ορίζουν το μέτρο κινδύνου σαν γενικότερη μαθηματική έννοια και εξετάζουν μερικές περιπτώσεις, μεταξύ των οποίων και το VaR, από μια συνολοθεωρητική οπτική. Γενικά, υπό το σκεπτικό ότι για έναν επενδυτή κίνδυνος είναι η απρόβλεπτη απώλεια χρήματος, συσχετίζουν τον κίνδυνο με τις μελλοντικές αξίες χαρτοφυλακίων και την διάκρισή τους ως προς το κατά πόσο μπορούν να γίνουν αποδεκτές ή όχι. Για την χρήση στην πράξη αυτών των μέτρων κινδύνου, καθορίζουν κάποιες ιδιότητες που θα πρέπει να έχουν ώστε να μπορούν να χαρακτηριστούν ως «συνεκτικά» (coherent) και να είναι κατ' επέκταση εύχρηστα. Χαρακτηριστικά αναφέρονται – όπως και άλλοι συγγραφείς – στο γεγονός ότι αν ενώσουμε δύο χαρτοφυλάκια σε ένα, το συνολικό VaR του νέου χαρτοφυλακίου δεν είναι ίσο με το άθροισμα των δύο προηγούμενων VaR. Αναφέρονται, επίσης, και σε άλλα υποθετικά σενάρια που αφορούν διάφορες επενδυτικές θέσεις ακόμη και σε παράγωγα και εξετάζουν ποιες ιδιότητες παρουσιάζουν τα εκάστοτε μέτρα κινδύνου και κατά πόσο μπορούν να γίνουν αποδεκτά. Τέλος, προτείνουν ένα μέτρο κινδύνου υπό την ονομασία «Χειρίστη δεσμευμένη προσδοκία» (“Worst Conditional Expectation”) και προτρέπουν προς τη δημιουργία ενός μέτρου από από τη συνένωση μερικών από τα ήδη υπάρχοντα.

2.7 T. C. Chiang, S-C. Doong, (2001)

Εξετάζουν τη διαχρονική συμπεριφορά σε επτά ασιατικές αγορές ως προς τις αποδόσεις μετοχών και την μεταβλητότητα. Παίρνουν δεδομένα από τους δείκτες Hang Seng, Kuala Lumpur Composite Price index, Manila Stock Exchange Composite Price index, Straits Times Industrial index, Korea Composite Price index, Stock Exchange of Thailand Daily index, Taiwan Stock Exchange Weighted Stock index, Nikkei και S&P500. Ο τελευταίος, χρησιμεύει κυρίως ως μέτρο σύγκρισης. Χρησιμοποιούν δεδομένα υψηλής και χαμηλής συχνότητας και τα αναλύουν με GARCH-M και TAR-GARCH. Βρίσκουν ότι οι τέσσερις από τις επτά ασιατικές αγορές παρουσιάζουν έντονη συσχέτιση με τη μη αναμενόμενη μεταβλητότητα ενώ γενικότερα το αναμενόμενο σκέλος της τελευταίας δεν επηρεάζει ουσιαδώς τις αποδόσεις των μετοχών. Στα ημερήσια δεδομένα, η υπόθεση της μη ύπαρξης ασυμμετρίας απορρίπτεται με μεγάλο βαθμό σημαντικότητας ενώ στις χαμηλές συχνότητες υπάρχει συμμετρία. Η συνολική κίνηση της μεταβλητότητας πλησιάζει τη μοναδιαία ρίζα.

2.8 C. F. Lee, G-M. Chen, O. M. Rui, (2001)

Την ίδια σχέση, δηλαδή ανάμεσα σε αποδόσεις και μεταβλητότητα, την μελετούν εστιασμένα στις τέσσερις μεγαλύτερες αγορές της Κίνας. Με Variance Ratio Tests απορρίπτουν την εκδοχή να ακολουθούν οι αποδόσεις μια διαδικασία τύπου Random Walk, πιθανότατα λόγω αυτοσυσχέτισης ή ετεροσκεδαστικότητας στα returns. Η μακροχρόνια μνήμη των αποδόσεων επιβεβαιώνεται και με τη χρήση του ARFIMA. Η δεσμευμένη μεταβλητότητα υπολογίζεται με GARCH, EGARCH και GARCH-M. Το σφάλμα κάθε χρονικής στιγμής του GARCH, (ε_t), προσεγγίζεται από μια συνάρτηση που περιέχει την κατανομή Gamma. Δεδομένα παίρνουν από Shanghai και Shenzhen. Καταλήγουν ότι, τελικά, η μεταβλητότητα στην Κίνα είναι αρκετά προβλέψιμη καθώς δεν παρατηρείται ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας και οι αποδόσεις, διαχρονικά, συσχετίζονται μεταξύ τους (clustering) και βραχυπρόθεσμα αλλά και μακροπρόθεσμα. Σε ότι αφορά τη σχέση αποδόσεων

και μεταβλητότητας, δεν παρατηρούνται σοβαρές ενδείξεις για ύπαρξη συσχέτισης και προτείνεται από τους συγγραφείς η αναζήτηση άλλων μέτρων κινδύνου.

2.9 C. Acerbi, C. Nardio, C. Sirtori, (2001)

Οι Acerbi, Nardio και Sirtori εντοπίζουν κάποιες αδυναμίες που παρουσιάζει το μοντέλο του Value at Risk και στη θέση του προτείνουν τη χρήση ενός παρεμφερούς μοντέλου, το Expected Shortfall (ES). Συμφωνώντας με τις θέσεις των Artzner et al. (1999), παρατηρούν ότι το VaR δεν έχει την ιδιότητα της «υποπροσθετικότητας» (subadditivity), παρά μόνο σε ένα γκαουσιανό περιβάλλον, στο οποίο, βέβαια, όλα τα μοντέλα παρουσιάζουν την ίδια ιδιότητα. Χρησιμοποιούν, μάλιστα, μερικά ρεαλιστικά αντιπαραδείγματα για να αποδείξουν με σαφήνεια τον ισχυρισμό τους για την ατελή φύση του VaR. Αντίθετα, το ES, παρ' όλο που έχει πολύ μικρή διαφορά από το VaR, ενσωματώνει όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά που χρειάζεται, ώστε σύμφωνα με τα κριτήρια των παραπάνω, να μπορεί να χαρακτηριστεί ως συνεκτικό μέτρο κινδύνου. Έτσι, προτείνουν και την αντικατάσταση της χρήσης του VaR ως ένα από τα, επισήμως πλέον, αποδεκτά μέτρα κινδύνου, με τη χρήση του ES στη θέση του.

2.10 M. W. Brandt, Q. Kang, (2002)

Οι Brandt και Kang χρησιμοποιούν ένα VAR μοντέλο και εκτιμούν τις παραμέτρους του με simulated maximum likelihood, προκειμένου να διερευνήσουν τη σχέση ανάμεσα σε δεσμευμένο μέσο και μεταβλητότητα. Επίσης γίνεται έλεγχος της δυναμικής του Implied Sharpe Ratio, του οποίου η διαχρονική διακύμανση είναι συνεπής με Equilibrium asset pricing μοντέλα. Τα δεδομένα είναι μηνιαίες αποδόσεις από τον CRSP value weighted index. Τα αποτελέσματά τους είναι ισχυρή αρνητική συσχέτιση ανάμεσα σε δεσμευμένο μέσο και μεταβλητότητα, γεγονός το οποίο υποδεικνύει ουσιαστικά φαινόμενα volatility-in-mean και mean-in-volatility. Ανάλογα με τη φάση του οικονομικού κύκλου άλλες φορές η μεταβλητότητα οδηγεί το δεσμευμένο μέσο και άλλες φορές συμβαίνει το αντίστροφο.

2.11 B. M. Tabak, S. M. Guerra, (2002)

Οι Tabak και Guerra διερευνούν και αυτοί την ύπαρξη ή μη, συσχέτισης ανάμεσα στις αποδόσεις μετοχών και στην τρέχουσα αλλά και τη μελλοντική μεταβλητότητα, εξειδικεύοντας, όμως, στις 25 μεγαλύτερες εταιρίες του χρηματιστηρίου του Σάο Πάολο στη Βραζιλία. Χρησιμοποιούν VAR και SUR και επιστρατεύουν το AR(1) - EGARCH(1,1) για να εξετάσουν κατά πόσο εμφανίζεται leverage effect των εταιριών ως προς τη μεταβλητότητα. Καταλήγουν ότι υπάρχει υψηλή θετική συσχέτιση ανάμεσα στις αποδόσεις και την τρέχουσα μεταβλητότητα ενώ η συσχέτιση με τη μελλοντική προβλεπόμενη μεταβλητότητα είναι κατά πολύ ασθενέστερη. Αρνητική συσχέτιση βρίσκουν, επίσης, ανάμεσα σε αποδόσεις μετοχών και στην μεταβολή της μεταβλητότητάς τους. Για το leverage ratio των εταιριών, δε βρίσκουν να έχει ιδιαίτερη σχέση με τις αποδόσεις.

2.12 Q. Li, J. Yang, C Hsiao, Y-J. Chang, (2005)

Εδώ εξετάζουν αν υπάρχει σχέση και τι είδους, ανάμεσα στη μεταβλητότητα που παρουσιάζουν οι αποδόσεις των μετοχών και στις αναμενόμενες μελλοντικές τιμές τους. Το δείγμα που χρησιμοποιούν είναι από τις 12 μεγαλύτερες αγορές παγκοσμίως, από τον Ιανουάριο του 1980 έως το Δεκέμβριο του 2001, Συγκεκριμένα, οι χώρες, των οποίων παίρνουν δεδομένα δεικτών, είναι οι ΗΠΑ, ο Καναδάς, η Ιαπωνία, η Αυστρία, το Χονγκ Κονγκ, η Σιγκαπούρη, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γερμανία, η Γαλλία, η Ιταλία, η Ολλανδία και η Ελβετία. Τα δεδομένα προέρχονται από την Morgan Stanley Capital International. Χρησιμοποιούν παραμετρικές και ημιπαραμετρικές εκδοχές των GARCH-M και EGARCH-M, τις οποίες αξιολογούν ως προς την απόδοσή τους με Monte Carlo. Βρίσκουν ότι η εκτιμώμενη σχέση ανάμεσα σε αναμενόμενες αποδόσεις και μεταβλητότητα εξαρτάται από τον τρόπο εκτίμησης της τελευταίας. Δέκα από τις δώδεκα αγορές έχουν θετική αλλά, στατιστικά, μη σημαντική συσχέτιση όταν χρησιμοποιείται το παραμετρικό EGARCH-M. Όταν, όμως, χρησιμοποιηθεί ημιπαραμετρική δεσμευμένη διακύμανση, η αρνητική συσχέτιση ανάμεσα σε αποδόσεις και μεταβλητότητα παραμένει, και αυτό είναι τελικά και το αποτέλεσμα που υιοθετείται και από τους συγγραφείς.

2.13 P. R. Hansen, A Lunde, (2006)

Παρατηρούν ότι συχνά, στις εμπειρικές αναλύσεις, υιοθετούνται μοντέλα πρόβλεψης της μεταβλητότητας που θεωρούνται κατάλληλα για τις εκάστοτε περιπτώσεις αλλά στην πράξη, τα αποτελέσματά τους δεν απεικονίζουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο την πραγματικότητα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούν διάφορες συναρτήσεις αποκλίσεων (loss functions) όπως Mean Square Error (MSE), Root Mean Square error (RMSE) και Mean Absolute Error (MAE), καθώς και τις λογαριθμικές μορφές αυτών, και θεωρούν ότι την πραγματική συνάρτηση απόκλισης δεν μπορούν να την παρατηρήσουν πλήρως παρά μόνο να την προσεγγίσουν. Θεωρούν επίσης ότι αυτές οι συναρτήσεις μπορούν να διαταχθούν από την ακριβέστερη έως την λιγότερο ακριβή και υποθέτουν τρία είδη τέτοιων διατάξεων. Το πραγματικό, το εκτιμώμενο και το εμπειρικό, αυτό, δηλαδή, που προκύπτει από την εμπειρική ανάλυση. Εξετάζοντας της ισοδυναμία αυτών των διατάξεων με Monte Carlo αλλά και πάνω στην τιμή της μετοχής της IBM από 03/01/1995 έως 21/02/2002, καταλήγουν ότι η επιλογή μέτρου για το δείγμα (π.χ. realized volatility ή τετραγωνικές αποδόσεις σαν μέτρα της μεταβλητότητας) μπορεί να μας οδηγήσει στην επιλογή λάθος μοντέλου. Επίσης συμπεραίνουν ότι τα συνήθη μέσα για την αξιολόγηση ενός μοντέλου, όπως η λογαριθμική μορφή της παλινδρόμησης Mincer-Zarnowitz δεν πληρούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την αξιόπιστη αξιολόγηση μοντέλων πρόβλεψης της μεταβλητότητας.

2.14 O. E. Barndorff-Nielsen, N. Shephard, (2006)

Προκειμένου να εξακριβώσουν αν υπάρχουν ασυνέχειες (jumps) στις τιμές των περιουσιακών στοιχείων, περίπτωση στην οποία οι αποδόσεις και η μεταβλητότητά αυτών θα παρουσίαζαν ακραίες τιμές, χρησιμοποιούν την Bipower variation και quadpower variation υποθέτοντας ότι οι λογάριθμοι των τιμών αποτελούν semimartingale με συνεχή χρόνο και ασυμπτωτική κατανομή. Στη συνέχεια αναπτύσσουν ένα γραμμικό jump statistic και ένα κλασματικό jump statistic τα οποία χρησιμοποιούν για τον παραπάνω σκοπό. Αρχικά μορφοποιούν τα μοντέλα τους με Monte Carlo διασπείροντας μέσα στην αρχική κατανομή ασυνέχειες που ακολουθούν την κατανομή Poisson. Ακολούθως, χρησιμοποιούν

τα μοντέλα τους σε δεδομένα των τιμών συναλλάγματος δολαρίου-μάρκου και δολαρίου-γιεν από 01/12/1986 έως 30/11/1996. Από την εμπειρική αυτή ανάλυση προκύπτουν πολλές απορρίψεις της υπόθεσης ότι δεν υπάρχουν ασυνέχειες και στις περισσότερες περιπτώσεις, τα jumps προκαλούνται κατά κύριο λόγο από ανακοινώσεις για μακροοικονομικά ζητήματα.

2.15 H-C. Chou, D. Wang, (2007)

Στην προκειμένη περίπτωση προτείνεται ως εναλλακτικό μοντέλο το CARR με το επιχείρημα ότι προβλέπει καλύτερα τις αποδόσεις των μετοχών και των δεικτών. Αντίστοιχα αναφέρουν το ημερήσιο εύρος (daily range) ως καταλληλότερο μέτρο της μεταβλητότητας, εν συγκρίσει με τις ημερήσιες τιμές κλεισίματος. Για το λόγο αυτό οι συγγραφείς χρησιμοποιούν τρία διαφορετικά μέτρα για τη μεταβλητότητα. Το προαναφερθέν εύρος, τις τετραγωνικές ημερήσιες αποδόσεις και τις απόλυτες ημερήσιες αποδόσεις. Συγκρίνουν, λοιπόν, την απόδοση του CARR προσθέτοντας αργότερα και έναν όρο για εξωγενείς επιρροές (CARR-X) με την απόδοση του GARCH για κάθε ένα από τα δύο άλλα μέτρα (τετραγωνικές και απόλυτες αποδόσεις) επάνω στο ίδιο δείγμα. Το δείγμα προέρχεται από ημερήσιες τιμές του δείκτη FTSE 100 του Λονδίνου από την 01/01/1994 έως την 31/12/2004 και τα αποτελέσματα δικαιώνουν τους συγγραφείς σε κάθε περίπτωση. Δηλαδή, το CARR(1,1) κάνει καλύτερες προβλέψεις και από τα CARR(1,2), CARR(2,1) αλλά και από το GARCH(1,1) που κατά γενική ομολογία είναι το πιο αποδοτικό από τις υπόλοιπες αντίστοιχες μορφές GARCH(p,q).

2.16 L. Forsberg, E. Ghysels (2007)

Εξετάζουν την απόδοση τριών βασικών μέτρων μεταβλητότητας χρησιμοποιώντας βασικά μοντέλα πρόβλεψης της μεταβλητότητας. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούν Realized Volatility (RV), Bipower Variation (BPV) και Realized Absolute Values (RAV) για να προβλέψουν τη μεταβλητότητα περιουσιακών στοιχείων με τη χρήση των μοντέλων τύπου HAR και MIDAS. Αφού πρώτα αξιολογήσουν τις συναρτήσεις απόκλισης (Mean Square Error, Root Mean Square Error κ.τ.λ.), στη συνέχεια

αναλύουν δεδομένα από παρατηρήσεις υψηλής συχνότητας, από τον S&P500 με τιμές ανά πεντάλεπτο από τις 30/09/1985 μέχρι και την 31/10/2003. Το MSE καθορίζεται ως η αποδοτικότερη συνάρτηση αποκλίσεων. Για την εμπειρική ανάλυση, η μεταβλητότητα, εκτός από τη θεώρησή της ως έχει, μελετάται και διαχωρισμένη σε δύο συστατικά, το συνεχές τμήμα και τις ασυνέχειες. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν τις RAV ως το πιο αποδοτικό μέτρο, καθώς οι προβλέψεις με τη χρήση τους έχουν το μικρότερο MSE αλλά παρουσιάζουν και «ανοσία» στις ενδεχόμενες ασυνέχειες που μπορεί να παρουσιάζει το δείγμα. Δεύτερη έρχεται η BPV, με αντίστοιχη «ανοσία» στις ασυνέχειες αλλά μεγαλύτερο MSE. Τελευταία στην κατάταξη η RV που υστερεί και στους δύο παραπάνω τομείς.

2.17 T. Adrian, J Rosenberg, (2008)

Σε μια όχι πολύ μακρινή διαδικασία από αυτήν των Schwert και Seguin, οι Adrian και Rosenberg εξετάζουν τη σχέση της μεταβλητότητας με την αποτίμηση περιουσιακών στοιχείων και τους παράγοντες που μπορεί να «ρίχνουν» τις τιμές αυτών. Υποθέτοντας ότι το στιγμιαίο excess return της αγοράς ακολουθεί διαδικασία μιας standard Brownian motion, αναπτύσσουν ένα ICAPM μοντέλο με μεταβλητότητα δύο παραγόντων. Για να εκτιμηθεί η στοχαστική μεταβλητότητα, χρησιμοποιούνται στοιχεία του EGARCH. Από τη μελέτη τους αυτή, καταλήγουν ότι οι πλεονάζουσες αποδόσεις (excess returns) έχουν θετική συσχέτιση με τη διακύμανση, γενικότερα, των αποδόσεων της αγοράς. Επίσης βρίσκουν αρνητική σχέση ανάμεσα στις χρονικές υστερήσεις των αποδόσεων και μεταβλητότητα εξ αιτίας του φαινομένου μόχλευσης. Το όλο θέμα το εξετάζουν και από μακροοικονομικής άποψης. Συνολικά καταλήγουν ότι αμφότερα τα μακροπρόθεσμα και τα βραχυπρόθεσμα συστατικά της μεταβλητότητας πρέπει να αποτιμώνται και ότι το κόστος κινδύνου των πρώτων είναι πάνω από 8 φορές μεγαλύτερο από αυτό των τελευταίων. Επίσης βρίσκουν ότι το μακροπρόθεσμο τμήμα της μεταβλητότητας σχετίζεται έντονα με τις διακυμάνσεις των επιχειρηματικών κύκλων αλλά γενικότερα παρουσιάζει υπερκυκλικότητα. Το αντίστοιχο βραχυπρόθεσμο σχετίζεται περισσότερο με τη ρευστότητα της αγοράς μετοχών.

2.18 O. E. Barndorff-Nielsen, S. Kinnebrok, N. Shephard, (2008)

Η συγκεκριμένη ομάδα εισαγάγει ένα νέο μέτρο κινδύνου που είναι βασισμένο σε παλαιότερα. Κατ' αντιστοιχία προς την ημιδιακύμανση που περιγράφεται σε διάφορα άρθρα και εξετάζεται ως προς την προβλεπτική αξιοπιστία της, σ' αυτό το άρθρο προτείνεται η Realized Semivariance (RS) που επί της ουσίας είναι το προϊόν του διαχωρισμού της Realized Variance (RV) σε αρνητικό και θετικό τμήμα. Για την ακρίβεια, ο διαχωρισμός σε ανοδικές και καθοδικές κινήσεις, το άθροισμα των οποίων ισούται με το σύνολο της διακύμανσης. Για να εξεταστεί η απόδοσή της, χρησιμοποιούνται παρατηρήσεις ανά δεκαπέντε συναλλαγές, των οποίων, όμως, τα χρονικά διαστήματα θεωρούνται ίσα μεταξύ τους. Κατά τους συγγραφείς αυτή η υπόθεση δε μεταβάλλει την ουσία της ανάλυσης. Η ανάλυση γίνεται πάνω στη μετοχή της General Electrics που θεωρούν οι συγγραφείς ότι δεν θα παρουσιάζει ιδιαίτερο θόρυβο στα υψίσουχνα δεδομένα και σε τιμές από το 1995 μέχρι το 2005. Τα δεδομένα αυτά τα χρησιμοποιούν στο GARCH και στο μοντέλο των Glosten et al. για να ελέγξουν κατά πόσο η RS, χρησιμοποιούμενη ως δεσμευτική μεταβλητή, δίνει καλύτερες προβλέψεις από την RV και την Bipower Variation για τη μεταβλητότητα των αποδόσεων από το άνοιγμα έως το κλείσιμο της κάθε ημέρας. Σε σχέση με την RV έχει ξεκάθαρα καλύτερη απόδοση αλλά όταν λαμβάνεται υπ' όψη και ο παράγοντας της μόχλευσης, τότε είναι δύσκολο να επιλέξει κανείς.

2.19 C. T. Brownlees, G. M. Gallo, (2010)

Οι Brownlees και Gallo επιχειρούν να συγκρίνουν μεταξύ τους τα διάφορα μέτρα μεταβλητότητας που υπάρχουν ή, τουλάχιστον, τα πιο διαδεδομένα από αυτά. Έτσι προτείνουν, όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν, «μια ιπποδρομία ανάμεσα στα μέτρα αυτά» αξιολογώντας την απόδοσή τους ανάλογα με την ποιότητα της προβλεψής που προσφέρουν όταν χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του VaR ενός χαρτοφυλακίου. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούν το μοντέλο MEM (Multiplicative Error Model) και μ' αυτό κάνουν αναλύσεις χρησιμοποιώντας τετραγωνικές αποδόσεις, τετραγωνικό ημερήσιο εύρος (squared daily range), realized variance, bipower variation και Tow-scale realized variance.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι τα πατρακάτω: 1) Υπάρχει υψηλή συσχέτιση ανάμεσα στις ιστορικές τιμές των πολύ υψηλής συχνότητας δεδομένων, 2) η ανάμιξη πληροφοριών του παρελθόντος από όλα τα μέτρα μεταβλητότητας βελτιώνει τις προβλέψεις, 3) η εκτεταμένη μορφή του MEM για την αξιολόγηση μέσω VaR αποδίδει καλύτερα από το GARCH, 4) το daily range φαίνεται να έχει καλή απόδοση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΤΡΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ

Όλες εκείνες οι ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει η μεταβλητότητα στη μορφή και τη συμπεριφορά της καθιστούν ακόμη δυσκολότερο το εγχείρημα της πρόβλεψής της και φυσικά, αντίστοιχα δυσκολεύουν και την αξιολόγηση των επενδύσεων. Επειδή, όμως, καθημερινά οι επενδυτές πραγματοποιούν παγκοσμίως συναλλαγές αξίας τρισεκατομμυρίων δολαρίων, έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα ποσοτικοποίησής της, έτσι που να μπορούν να γίνουν αρκετά ασφαλείς προβλέψεις. Φυσικά, αυτού του είδους η αναζήτηση δεν μπορεί να καταλήξει σε ένα τελικό μέτρο μεταβλητότητας που να κάνει απόλυτα ακριβείς προβλέψεις και να γνωρίζουμε με μαθηματική ακρίβεια τις μελλοντικές τιμές της. Απλά, το κάθε ένα από αυτά είναι καταλληλότερο για ένα είδος δεδομένων και για ένα συγκεκριμένο οικονομικό μοντέλο. Αν δηλαδή τα δεδομένα είναι ημερήσια, πρέπει να χρησιμοποιηθεί άλλο μέτρο απ' ό,τι αν τα δεδομένα περιέχουν παρατηρήσεις, παραδείγματος χάριν, ανά δεκαπέντε συναλλαγές, δηλαδή κάθε λίγα λεπτά ή δευτερόλεπτα. Επιπλέον, ανάλογα με το είδος της επένδυσης που θα αξιολογηθεί, είναι διαφορετικό το καταλληλότερο μέτρο. Οι Hansen και Lunde (2006), όμως, βρίσκουν από τις αναλύσεις τους ότι είναι εύκολο να οδηγηθεί ένας αναλυτής σε χρήση λάθος μέτρου για τη μεταβλητότητα, αφού ακόμη και τα εργαλεία αξιολόγησης (π.χ. Mincer-Zarnowitz) δεν πληρούν όλες τις προϋποθέσεις για να είναι αξιόπιστα. Αν υποθέσουμε ότι ένας επενδυτής αγοράζει ένα χαρτοφυλάκιο με σκοπό να το διακρατήσει αρκετούς μήνες, ίσως και περισσότερους από έξι, τότε, πιθανότατα, οι παρατηρήσεις ανά πεντάλεπτο θα προσέθεταν θόρυβο στις προβλέψεις του και μάλλον θα ήταν καλύτερα να χρησιμοποιήσει ημερήσιες και εβδομαδιαίες αποδόσεις. Βέβαια, οι Brownlees και Gallo (2010) βρίσκουν ότι ανάμιξη της διαθέσιμης ιστορικής πληροφορίας από όλα τα μέτρα μεταβλητότητας βελτιώνει τις προβλέψεις. Άλλωστε, καλό είναι να υπάρχει πάντα υπ' όψη το γεγονός ότι κάθε οικονομικός κύκλος είναι τμήμα ενός μεγαλύτερου.

3.1 Ο τυπικός ορισμός της μεταβλητότητας

Όταν σκοπεύουμε να πραγματοποιήσουμε μια ανάλυση σε δεδομένα που έχουμε στη διάθεσή μας από ιστορικές τιμές μιας μετοχής, ενός χαρτοφυλακίου μετοχών, ενός χρηματιστηριακού δείκτη ή συναλλαγματος, αρχικά πρέπει να προσδιορίσουμε την κατανομή των δεδομένων. Σε μια πληθώρα περιπτώσεων υποτίθεται κανονική κατανομή, αν και είναι πολλοί και εκείνοι που υιοθετούν την κατανομή student-t, όπως προτείνεται από τον Bollerslev (1987). Η τυπική απόκλιση των παρατηρήσεων, λοιπόν, δίνεται ως γνωστόν από τον παρακάτω τύπο:

$$\sigma = \sqrt{E[(r - \mu)]^2} \quad (1)$$

όπου r είναι η απόδοση της κάθε παρατήρησης και μ η αναμενόμενη τιμή της απόδοσης. Αυτός είναι και ο τυπικός ορισμός της μεταβλητότητας. Πέραν τούτου, βεβαίως, συχνά χρησιμοποιείται και η διακύμανση

$$\sigma^2 = E[(r - \mu)]^2 \quad (2)$$

και φυσικά σε κάθε περίπτωση που οι παρατηρήσεις έχουν μικρότερη χρονική απόσταση μεταξύ τους από μία ημέρα, αυτά τα μέτρα δεν είναι και τα πλέον αποδοτικά.

3.2 Stochastic, Integrated και Quadratic volatility

Στοχαστική μεταβλητότητα (stochastic volatility) ονομάζεται η μεταβλητότητα μιας διαδικασίας, κατά την οποία θεωρούμε ότι οι παρατηρούμενες τιμές των μετοχών ή όποιων άλλων περιουσιακών στοιχείων δεν συσχετίζονται μεταξύ τους, δεν έχουν δηλαδή έναν κοινό παράγοντα που να τις συνδέει. Μια τέτοια διαδικασία θα περιγράφεται από την εξίσωση:

$$dp(t) = \mu(t)dt + \sigma(t)dW(t) \quad (3)$$

όπου $p(t)$ είναι ο λογάριθμος μίας στιγμιαίας τιμής, $\mu(t)$ είναι μια συνεχής, πεπερασμένη διακύμανσης διαδικασία, $W(t)$ μια τυπική κίνηση Brown και $\sigma(t)$ είναι μια στοχαστική διαδικασία ανεξάρτητη του $dW(t)$ (Corsi 2004). Στην παραπάνω διαδικασία, η Integrated Volatility της ημέρας t , θα είναι το ολοκλήρωμα των στιγμιαίων τιμών μεταβλητότητας στο χρονικό διάστημα $(t-1d, t)$, όπου το $1d$ αντιπροσωπεύει μία πλήρη εικοσιτετράωρη ημέρα,

$$\sigma_t^{(d)} = \left(\int_{t-1d}^t \sigma^2(\omega) d\omega \right)^{1/2} \quad (4)$$

Αν σε μια τέτοια διαδικασία σαν αυτήν της εξίσωσης (3) το $\mu(t)$ δεν είναι διαχρονικά σταθερό, τότε η μεταβλητότητα παρουσιάζει ασυμμετρία. Μπορεί, δηλαδή, αυτή να μένει σταθερή αλλά να είναι περισσότερες οι μετατοπίσεις της τιμής της μετοχής προς τη μία πλευρά και λιγότερες προς την άλλη. Οι εμπειρικές αναλύσεις θα πρέπει να λαμβάνουν υπ' όψη ένα τέτοιο γεγονός για να γίνονται πιο έγκυρες εκτιμήσεις του κινδύνου που πραγματικά αντιπροσωπεύει. Αν η τάση είναι εν γένει ανοδική, αυτό θα σημαίνει ότι ο κίνδυνος θα είναι λιγότερος απ' αυτόν που θα υποδεικνύει η πρόβλεψη της τιμής της μεταβλητότητας ενώ αν αντίθετα υπάρχει καθοδική τάση, ο κίνδυνος θα υπερβαίνει την ποσότητα που θα υποδεικνύει η απλή πρόβλεψη της τιμής της.

Μικρή διαφορά με την integrated volatility έχει η Quadratic Volatility. Ορίζεται από τον παρακάτω τύπο για μια χρονική μετατόπιση H ,

$$QV_{t,t+H} = \int_t^{t+H} \sigma(s) ds \quad (5)$$

και είναι σαν να έχουμε την τετραγωνική ρίζα της εξίσωσης (4) μέσα στο ολοκλήρωμα. Τα επόμενα μέτρα μεταβλητότητας, ουσιαστικά προσπαθούν να προσεγγίσουν την quadratic volatility όσο το δυνατόν καλύτερα χρησιμοποιώντας πεπερασμένο πλήθος παρατηρήσεων σε διακριτό χρόνο.

3.3 Realized Volatility

Ένα μέτρο μεταβλητότητας, το οποίο δεν απομακρύνεται από τη γενικότερη ιδέα των τετραγωνικών αποδόσεων είναι η Realized Volatility, που αν προσπαθούσαμε να την μεταφράσουμε στα ελληνικά, το πιθανότερο είναι ότι θα την αποδίδαμε ως «παρατηρούμενη μεταβλητότητα». Τα τελευταία χρόνια η τάση των εμπειρικών αναλύσεων είναι να χρησιμοποιούνται όλο και πιο υφίσχνα δεδομένα. Οι παρατηρήσεις ανά πεντάλεπτο είναι μάλλον η συχνότητα που χαίρει της μεγαλύτερης εκτίμησης των συγγραφέων στα περισσότερα επιστημονικά άρθρα. Άλλωστε, είναι αρχή της στατιστικής να χρησιμοποιούνται πάντα όσο το δυνατόν περισσότερα δεδομένα. Επειδή, όμως, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι παρατηρήσεις μέσα στη διάρκεια της ημέρας ενσωματώνουν σημαντική ποσότητα θορύβου, οι κλασικοί ορισμοί διακύμανσης και τυπικής απόκλισης δεν επαρκούν για να γίνουν έγκυρες προβλέψεις.

Ίσως το πιο ευρέως χρησιμοποιημένο μέτρο μεταβλητότητας σε τέτοιου είδους δεδομένα είναι η Realized Volatility, της οποίας η ημερήσια τιμή δίνεται από τον παρακάτω τύπο

$$RV_t^{(d)} = \sqrt{\sum_{j=0}^{M-1} r_{t-j\Delta}^2} \quad (6)$$

όπου M είναι ο αριθμός των παρατηρήσεων κάθε ημέρας, $\Delta = \frac{1d}{M}$ και

$r_{t-j\Delta} = p(t - j\Delta) - p(t - (j + 1)\Delta)$ η απόδοση για το κάθε χρονικό διάστημα, από εκείνα στα οποία έχουμε χωρίσει την κάθε ημέρα (Corsi, 2004). Σχεδόν ισοδύναμη, βέβαια, είναι και η Realized Variance αφού στην ουσία ισούται με το υπόριζο του παραπάνω τύπου,

$$RVar_t^{(d)} = \sum_{j=0}^{M-1} r_{t-j\Delta}^2 \quad (7)$$

Από τη στιγμή, βέβαια, που θέλουμε, πλέον, να χειριστούμε τις ημερήσιες τιμές που προκύπτουν από τους παραπάνω τύπους, απλώς αθροίζουμε τις ημερήσιες τιμές και διαιρούμε το άθροισμα με το πλήθος των ημερών

$$RV_t^{(n)} = \frac{1}{n} \left(RV_{t-1d}^{(d)} + RV_{t-2d}^{(d)} + \dots + RV_{t-nd}^{(d)} \right) \quad (8)$$

Παρ' όλα αυτά, ακόμη και οι realized volatility και variance δεν μπορούν να αποδώσουν σωστά αν υποθέσουμε συνεχή μεταβλητότητα. Το βέλτιστο πλήθος διαμερίσεων της κάθε ημέρας είναι πεπερασμένο (Zhang et al. 2005a) και διαφέρει ανάλογα με την ποσότητα θορύβου στο δείγμα. Όσο περισσότερο το πλήθος των διαμερίσεων της κάθε ημέρας τείνει στο άπειρο, τόσο περισσότερο η realized volatility γίνεται μεροληπτικό μέτρο και ο θόρυβος δεν επιτρέπει την εκφορά σωστών προβλέψεων. Από την άλλη, βέβαια, και τα πολύ χαμηλής συχνότητας δεδομένα, πάλι δεν αποδίδουν ιδιαίτερα καλά γιατί πλέον το δείγμα δεν περιέχει ικανό αριθμό παρατηρήσεων. Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθούν ημερήσια δεδομένα, τότε ο ορισμός της αντίστοιχης απόδοσης θα είναι

$$r_{t,t-1} = \ln P_t - \ln P_{t-1} \quad (9)$$

και ουσιαστικά η realized volatility εκφυλίζεται σε μέσο όρο των απολύτων τιμών των αποδόσεων.

3.4 Απόλυτες αποδόσεις και Realized Absolute Values

Μπορεί σε χαμηλές συχνότητες οι απόλυτες αποδόσεις να μην απέχουν από τη realized volatility, όταν, όμως, πρόκειται να χρησιμοποιηθούν παρατηρήσεις ανά μερικά λεπτά, τότε χρειάζονται διαφορετικοί χειρισμοί. Ένα μοντέλο που προτείνουν οι Forsberg και Ghysels (2007) είναι η Realized Absolute Value. Αν το

πλήθος των ημερήσιων παρατηρήσεων είναι M , και οι αποδόσεις των διαστημάτων στη διάρκεια μίας ημέρας είναι

$$r_{t,j}^M = p_{t-j/m} - p_{t-(j-1)/m} \quad (10)$$

τότε η realized absolute value θα δίνεται από τον ακόλουθο τύπο

$$RAV_t^M = \mu_1^{-1} M^{-1/2} \sum_{j=1}^M |r_{t,j}^M| \quad (11)$$

όπου $\mu_r = E|u|^r$, όπου u μια τυπική γκαουσιανή τυχαία μεταβλητή. Ο σκοπός που εξυπηρετεί η ύπαρξη του μ_r είναι για να αποφευχθεί η μεροληπτική συμπεριφορά του μοντέλου, η οποία, όσο πιο χαμηλή συχνότητα έχουν τα δεδομένα, τόσο περισσότερο εντείνεται και μόνο σε συνεχή χρόνο εξαλείφεται τελείως.

Η μελέτη της παραπάνω ομάδας, δείχνει ότι όταν λαμβάνονται μέτρα για να είναι το μοντέλο αμερόληπτο, οι προβλέψεις του μένουν ανεπηρέαστες από την πιθανή ύπαρξη jumps στην μεταβλητότητα και είναι πολύ πιο έγκυρες και ακριβείς από τη realized variance και από άλλα μέτρα που χρησιμοποίησαν. Το πιο σημαντικό από τα υπόλοιπα μέτρα αναπτύχθηκε ακριβώς για να συμπεριλαμβάνονται και τα jumps στις μελέτες και είναι γνωστό με την ονομασία Bipower Variation.

3.6 Bipower Variation

Είναι αμφίβολο κατά πόσο υπάρχει στα ελληνικά αντιπροσωπευτική ονομασία για την Bipower Variation. Αναπτύχθηκε από τους Barndorff-Nielsen και Shephard (2004) με σκοπό να μπορεί να λαμβάνει υπ' όψη τις ασυνέχειες της μεταβλητότητας αλλά και να προβλέπει ως ένα βαθμό τα επερχόμενα jumps. Μέχρι και τη δεκαετία του 1990 αρκετές εμπειρικές μελέτες άφηναν τις ακραίες τιμές της μεταβλητότητας έξω από το δείγμα για να μη δημιουργούν θόρυβο αλλά

και γιατί, ούτως ή άλλως δεν ήταν δυνατό να τις προβλέψουν. Τα τελευταία χρόνια που η χρήση δεδομένων υψηλής συχνότητας διαρκώς κερδίζει έδαφος και η τάση είναι να μην μένει, αν είναι δυνατόν, καμμία παρατήρηση έξω από το δείγμα, άρχισαν και οι οικονομέτρους να αναπτύσσουν τεχνικές που θα τους δίνουν τη δυνατότητα να χειρίζονται όλη τη διαθέσιμη πληροφόρηση στις αναλύσεις τους.

Η realized variation που περιεγράφη παραπάνω, είναι επί της ουσίας μια υποπερίπτωση της γενικότερης Realized Power Variation

$$\{y_M^*\}_i^{[r]} = \left(\frac{\hbar}{M}\right)^{1-\frac{r}{2}} \sum_{j=1}^M |y_{j,i}|^r, \quad r > 0 \quad (12)$$

για τη μοναδιαία τιμή του r , $r=1$. Επιπλέον, στον τύπο αυτό, έτσι όπως τον έχουν διατυπώσει οι δύο συγγραφείς, το \hbar είναι ένα χαμηλής συχνότητας χρονικό διάστημα, θα μπορούσε κάλλιστα να είναι μία ημέρα, το M είναι το πλήθος των διαμερίσεων του \hbar , το i και το j είναι οι δείκτες για τις παρατηρήσεις χαμηλής και υψηλής συχνότητας αντίστοιχα και το $y_{j,i}$ είναι οι αποδόσεις στα υποδιαστήματα του \hbar . Η δε bipower variation είναι υποπερίπτωση της γενικότερης realized bipower variation

$$\{y_M^*\}_i^{[r,s]} = \left\{ \left(\frac{\hbar}{M}\right)^{1-\frac{r+s}{2}} \right\} \sum_{j=1}^{M-1} |y_{j,i}|^r |y_{j+1,i}|^s, \quad r, s > 0 \quad (13)$$

Με το χαρακτηριστικό ότι $r = s = 1$. Δηλαδή

$$\{y_M^*\}_i^{[1,1]} = \sum_{j=1}^{M-1} |y_{j,i}| |y_{j+1,i}| \quad (14)$$

Από την άλλη πλευρά όμως μπορεί να γενικευθεί και ως προς τον αριθμό των lags ή leads, ανάλογα με τη διατύπωση του τύπου, που θα περιλαμβάνονται σ' αυτόν. Έτσι, μπορούν με πανομοιότυπο τρόπο να οριστούν οι Tripower και Quad-power Variation αντίστοιχα

$$\{Y_M^*\}_i^{[1,1,1]} = \sum_{j=1}^{M-2} |y_{j,i}| |y_{j+1,i}| |y_{j+2,i}| \quad (15)$$

$$\{Y_M^*\}_i^{[1,1,1,1]} = \sum_{j=1}^{M-3} |y_{j,i}| |y_{j+1,i}| |y_{j+2,i}| |y_{j+3,i}| \quad (16)$$

Φυσικά, ανάλογα με τις συνθήκες, είναι άλλη η μορφή εκείνη που θα παρέχει τα καλύτερα αποτελέσματα. Παρ' όλα αυτά, οι Forsberg και Ghysels (2007) από τα αποτελέσματα των αναλύσεών τους, συμπεραίνουν ότι μπορεί η bipower variation να μην επηρεάζεται από τα jumps αλλά ούτε και οι Realized Absolute Values δέχονται τέτοιες επιδράσεις και παράλληλα δίνουν και το υψηλότερο R-squared, δηλαδή καταφέρνουν να επεξηγήσουν μεγαλύτερο μέρος της διαμόρφωσης της μεταβλητότητας.

3.7 Two-Scale Realized Variance

Πάνω στο αντικείμενο της αντιμετώπισης του θορύβου στα δεδομένα πολύ υψηλής συχνότητας κινείται και το μέτρο μεταβλητότητας που προτείνουν και οι Zhang et al. (2005b). Θεωρούν ότι η συνήθης realized variance με χρήση τέτοιου είδους δεδομένων, παρατηρήσεων δηλαδή ανά μικρότερα διαστήματα από το πεντάλεπτο, δεν καταφέρνει τίποτα παραπάνω από το να εκτιμά τον θόρυβο. Κι επειδή από στατιστικής απόψεως είναι αντιδεοντολογικό να μη χρησιμοποιούνται δεδομένα που ήδη υπάρχουν, γι' αυτό προτείνουν τη χρήση περισσότερων από μία συχνοτήτων στο ίδιο μοντέλο. Αν, δηλαδή, το δείγμα έχει πλήθος N , τότε μπορούμε να επιλέξουμε ένα υποσύνολό του με λήψη στοιχείων ανά k στοιχεία του αρχικού συνόλου συνολικού πλήθους K . Σ' αυτήν την περίπτωση ορίζουν

$$[Y, Y]_T^{(k)} = \sum_{t_j, t_{j+} \in \mathcal{G}(k)} (Y_{t_{j+}} - Y_{t_j})^2 \quad (17)$$

όπου Y είναι οι αποδόσεις των χρονικών διαστημάτων ανά k , t ο δείκτης για τις διαμερίσεις το χρόνου T και j ο δείκτης για τις διαμερίσεις του t στο πλήρες δείγμα. Το $j, +$ υποδηλώνει μετατόπιση χρονική κατά διάρκεια τόση, όση και από το ένα στοιχείο του k μέχρι το επόμενο και το $\mathcal{G}(k)$ είναι το σύνολο των υποσυνόλων, ομοίων με το παραπάνω, που μπορούμε να δημιουργήσουμε για διαφορετικές τιμές του k , ώστε $\mathcal{G}(k_1) \cap \mathcal{G}(k_2) = \emptyset$. Επίσης ορίζεται η μέση τιμή των realized variances όλων των διαφορετικών διαμερίσεων που δημιουργήθηκαν

$$[Y, Y]_T^{(avg)} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K [Y, Y]_T^{(k)} \quad (18)$$

Επιπλέον, χρειάζεται και η απλή realized variance όλων μαζί των παρατηρήσεων

$$[Y, Y]_T^{(all)} = \sum_{t_{i+1} \leq t} (\Delta Y_{t_i})^2 \quad \text{ώστε να μπορέσουμε να καταλήξουμε στον τελικό ορισμό της multi-scale realized variance}$$

$$\langle \widehat{X}, \widehat{X} \rangle_T = [Y, Y]_T^{(avg)} - \frac{\bar{n}}{n} [Y, Y]_T^{(all)} \quad (19)$$

Όπου ο όρος $\frac{\bar{n}}{n}$ υπάρχει για να περιοριστεί η μεροληψία στο ελάχιστο. Όταν το k έχει μόνο δύο διαφορετικές τιμές, τότε έχουμε την Two-Scale Realized Variance.

3.8 Observed Daily Range

Ένα ακόμη μέτρο μεταβλητότητας, το οποίο, βέβαια, δεν έχει προσελκύσει πολύ μεγάλη προσοχή, τουλάχιστον συγκριτικά με τα παραπάνω, είναι το Observed Daily Range (Chou και Wang, 2007). Θα μπορούσε ενδεχομένως να το μεταφράσει κανείς ως «Παρατηρούμενο Ημερήσιο Εύρος». Σύμφωνα με τον ορισμό του, αν P_t είναι η τιμή, φερειπείν, μιας μετοχής, τότε

$$R_t = \text{Max}\{P_t\} - \text{Min}\{P_t\} \quad (20)$$

δηλαδή, το observed daily range επί της ουσίας, είναι το εύρος ανάμεσα στην μέγιστη και την ελάχιστη τιμή που παρατηρούνται μέσα στη διάρκεια μίας ημέρας. Είναι μια σχετικά αντιπροσωπευτική απεικόνιση της μεταβλητότητας που σημειώνεται σε υψηλής συχνότητας δεδομένα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Ο ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ

Στην καθημερινότητά μας, συχνά χρησιμοποιούμε λέξεις, για τις οποίες είναι δύσκολο να δώσουμε έναν ορισμό, ακόμα κι αν ξέρουμε καλά το νόημά τους. Μια τέτοια λέξη είναι και ο κίνδυνος. Πολύ περισσότερο, στην περίπτωση του χρηματοοικονομικού κινδύνου, εκτός από την ερμηνία της λέξης, είναι αναγκαίο να εξαχθεί και μια μαθηματική έκφραση γι' αυτήν την έννοια που συχνά μονοπωλεί το ενδιαφέρον των επενδυτών και αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα ανάμεσα στην επιτυχία ή την αποτυχία μιας επένδυσης.

Πολύ γενικά, θα μπορούσε να πει κανείς ότι κίνδυνος για έναν επενδυτή είναι να αντιμετωπίσει οικονομική ζημία εξ αιτίας της αρνητικής έκβασης μιας επένδυσης. Ειδικότερα, υπάρχουν δύο, κατά κύριο λόγο τρόποι να προσδιοριστεί ο χρηματοοικονομικός κίνδυνος. Ο ένας, που έχει και «μεγαλύτερη ηλικία», καθώς αριθμεί τουλάχιστον σαράντα χρόνια μελέτης και χρήσης από τους οικονομολόγους και οικονομέτρους, είναι η απ' ευθείας στατιστική μελέτη ενός δείγματος, συνήθως ιστορικών τιμών, και η αποτύπωση του κινδύνου σε στατιστική ορολογία. Τέτοιοι ορισμοί του κινδύνου είναι η πιθανότητα ζημίας, η μεταβλητότητα, η ημιδιακύμανση και η εντροπία (Pedersen και Satchell, 1998). Μία άλλη μέθοδος που τα τελευταία χρόνια κερδίζει έδαφος λόγω της φαινομενικής απλότητάς τους είναι η στατιστική μελέτη κάποιου δείγματος και η έκφραση του κινδύνου υπό τη μορφή χρηματικού ποσού. Τέτοια υποδείγματα είναι το Value at Risk και το Expected Shortfall.

4.1 Τα χαρακτηριστικά των συνεκτικών μέτρων κινδύνου

Ακόμα, όμως, και έχοντας τέτοιου είδους διαφορές, όλα τα μέτρα κινδύνου χρειάζεται να έχουν κάποια χαρακτηριστικά για να μπορούν να είναι εύχρηστα και αποτελεσματικά στην καθημερινή επενδυτική δραστηριότητα της παγκόσμιας αγοράς. Οι Artzner et al. (1999) απαριθμούν και περιγράφουν αυτά τα

χαρακτηριστικά. Μάλιστα, χαρακτηρίζουν ως συνεκτικά τα μέτρα κινδύνου που πληρούν τις τέσσερις πρώτες από τις πέντε παρακάτω προϋποθέσεις.

Αν Ω είναι το σύνολο των πιθανών εκβάσεων και X η τελική καθαρή αξία μιας επενδυτικής θέσης, τότε οι ιδιότητες είναι οι ακόλουθες, παρατιθέμενες με την αγγλική τους ονομασία, καθώς μια προσπάθεια μετάφρασης δε θα ήταν επιτυχής.

- 1) Translation Invariance: $\rho(X + \alpha r) = \rho(X) - \alpha$, όπου r είναι η απόδοση της εκάστοτε επενδυτικής θέσης και α ένα ποσό που μπορεί να αφαιρέσω από την αρχική μου επένδυση. Με άλλα λόγια, όταν προστίθεται ένα ποσό σε μια επενδυτική θέση, ο κίνδυνος της θέσης να μειώνεται τόσο, όσο αυξήθηκε το συνολικό ποσό της επένδυσης.
- 2) Subadditivity: Για κάθε $X_1, X_2 \in \mathcal{G}$, όπου \mathcal{G} το σύνολο όλων των κινδύνων, $\rho(X_1 + X_2) \leq \rho(X_1) + \rho(X_2)$. Δηλαδή, ενώνοντας δύο χαρτοφυλάκια, ο συνολικός κίνδυνος δε μπορεί να είναι μεγαλύτερος από το άθροισμα των δύο επιμέρους κινδύνων.
- 3) Positive Homogeneity: Για κάθε $\lambda \geq 0, X \in \mathcal{G}, \rho(\lambda X) = \lambda \rho(X)$.
- 4) Monotonicity: Μονοτονία. Μάλιστα ο μαθηματικός ορισμός υποδεικνύει ότι πρέπει να είναι φθίνουσα συνάρτηση της καθαρής αξίας του χαρτοφυλακίου. $\forall X, Y \in \mathcal{G}, X \leq Y \Rightarrow \rho(X) \geq \rho(Y)$.
- 5) Relevance: Για κάθε $X \in \mathcal{G}$, με $X \leq 0$ και $X \neq 0, \rho(X) > 0$.

Βέβαια, είναι ελάχιστα εκείνα τα μέτρα κινδύνου που πληρούν τις τέσσερις πρώτες συνθήκες.

Ο Bernell K. Stone (1973) περιέγραψε δύο κατηγορίες μέτρων κινδύνου που κατά βάση εξαρτώνται από τρεις μεταβλητές η κάθε μία και αρκετά από τα μέτρα κινδύνου που χρησιμοποιούνταν τότε αλλά και μέχρι σήμερα, αποτελούν υποπεριπτώσεις αυτών. Αρχικά ορίζει τις χρησιμοποιούμενες μεταβλητές:

W = ο μελλοντικός πλούτος και είναι τυχαία μεταβλητή

$f(W)$ = η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας του W

$F(W)$ = η αθροιστική συνάρτηση κατανομής του W

$$\bar{W} = E[W] = \text{αναμενόμενη τιμή του } W$$

Έτσι, ορίζει το πρώτο μέτρο ως εξής:

$$L(W_0, k, A) = \int_{-\infty}^A |W - W_0|^k dF(W), \quad k \geq 0 \quad (21)$$

όπου W_0 είναι ο αρχικός πλούτος, ως σημείο αναφοράς, από το οποίο μετρώνται οι μεταβολές του κεφαλαίου, k είναι ο εκθέτης, στον οποίον υψώνονται αυτές οι μεταβολές και έτσι, είναι και ένα μέτρο της σχετικής επίπτωσης μικρών και μεγάλων μεταβολών. Το δεύτερο μέτρο κινδύνου είναι ουσιαστικά ίδιο με το πρώτο αλλά ολόκληρο υψωμένο σε εκθέτη αντίστροφο του k :

$$R(W_0, k, A) = \left[\int_{-\infty}^A |W - W_0|^k dF(W) \right]^{\frac{1}{k}}, \quad k \geq 0 \quad (22)$$

Τα συνήθη μέτρα κινδύνου που χρησιμοποιούνται, υπάγονται στις δύο παραπάνω κατηγορίες. Για $k=2$ και $A=+\infty$, η (21) ισοδυναμεί με τη διακύμανση και η (22) με την τυπική απόκλιση. Αν, πάλι, το k παραμένει ως έχει αλλά το A πάρει την τιμή κάποιου πραγματικού αριθμού, τότε παίρνουμε αντίστοιχα την ημιδιακύμανση και την ημι-τυπική απόκλιση (προτιμήθηκε αυτή η γραφή της γιατί αν γραφόταν ως «ημιτυπική απόκλιση» θα σήμαινε ότι είναι λιγότερο «τυπική» από την τυπική απόκλιση) που συμπεριλαμβάνουν όλες τις τιμές που είναι μικρότερες του A .

Διάφορα άλλα μέτρα κινδύνου χρησιμοποιούνται σε άλλους τομείς, όπως για παράδειγμα στη φυσική, στην ψυχολογία και στις ασφαλίσεις αλλά όχι τόσο πολύ στα χρηματοοικονομικά. Τέτοια είναι το γενικό μέτρο εντροπίας (General Entropy Measure)

$$R_{GEM_e}(f) = \frac{1}{e(e-1)} \left[\int \left(\frac{y}{\mu_y} \right)^e f(y) dy - 1 \right] \quad (23)$$

(Pedersen και Satchell, 1998), και ο δείκτης του Herfindahl

$$R_h(f) = \frac{1}{\mu_y^2} \int y^2 f(y) dy \quad (24)$$

Φυσικά, ακόμα και αυτά τα μέτρα δε μπορούμε να ξέρουμε πόσο τελικά χρησιμοποιούνται για χρηματοοικονομικά ζητήματα γιατί πολύ απλά δεν γίνεται πάντα γνωστό ποια υποδείγματα εφαρμόζουν οι μεγάλες τράπεζες και οι οίκοι αξιολόγησης για εσωτερική χρήση.

4.2 Ημιδιακύμανση και ημι-τυπική απόκλιση

Παρ' ότι σαν μέσα εκτίμησης του κινδύνου είναι γνωστές εδώ και πολλές δεκαετίες η ημιδιακύμανση και η ημι-τυπική απόκλιση, όλα αυτά τα χρόνια η συνολική μεταβλητότητα ήταν αυτό που όλοι οι επενδυτές ήθελαν να προβλέπουν. Η τάση αυτή, φυσικά, δεν έχει αλλάξει ιδιαίτερα μέχρι σήμερα, όμως, η χρήση της αρνητικής ημιδιακύμανσης, για παράδειγμα, μπορεί να δώσει περισσότερη βαρύτητα στο ενδεχόμενο να σημειωθεί μια αρνητική απόδοση και παράλληλα βελτιώνει τις προβλέψεις για τη διακύμανση της επόμενης μέρας. Ο τυπικός ορισμός της ημιδιακύμανσης είναι

$$\Sigma_B^2 = E\{\text{Min}[(R - B), 0]^2\} \quad (25)$$

όπου R είναι η απόδοση, B το όριο, κάτω από το οποίο βρίσκονται οι τιμές που θέλουμε να συμπεριλάβουμε και Σ_B^2 η ημιδιακύμανση. Αντίστοιχα, η ημι-τυπική απόκλιση θα είναι

$$\Sigma_B = \sqrt{E\{\text{Min}[(R - B), 0]^2\}} \quad (26)$$

(Estrada, 2004).

Άσχετα, βέβαια, από τους τυπικούς ορισμούς, όταν πρόκειται να γίνει κάποια εμπειρική ανάλυση σε δεδομένα υψηλής συχνότητας, χρειάζεται, ο τύπος που θα χρησιμοποιηθεί, να είναι συμβατός με τα υπόλοιπα μέτρα μεταβλητότητας για να μπορούν αφ' ενός να χρησιμοποιηθούν εν παραλλήλω και αφ' ετέρου γιατί γι' αυτά τα μέτρα υπάρχει μια ολόκληρη βιβλιογραφία που υποδεικνύει τρόπους αντιμετώπισης προβλημάτων όπως το market microstructure noise. Έτσι, οι Barndorff-Nielsen et al. (2008) προτείνουν την Realized Semivariance, την αντίστοιχη εκδοχή, δηλαδή, της ημιδιακύμανσης που προκύπτει από τη realized variance και την ορίζουν ως εξής:

$$RS^- = \sum_{j=1}^{t_j \leq 1} (Y_{t_j} - Y_{t_{j-1}})^2 1_{Y_{t_j} - Y_{t_{j-1}} \leq 0} \quad (27)$$

Όπου $Y_{t_j} - Y_{t_{j-1}}$ είναι οι αποδόσεις για το χρονικό διάστημα από $(j-1)$ έως j , όπου j ο δείκτης για τις ενδοημερήσιες διαμερίσεις και 1 είναι η τιμή που παίρνει ο δείκτης που έχει αναλάβει να διαχωρίζει τις αρνητικές από τις θετικές τιμές των αποδόσεων όταν ισχυει η συνθήκη που περιγράφεται στα δεξιά του. Ο δείκτης t χρησιμοποιείται για τα «ακέραια», όπως τα χαρακτηρίζουν οι συγγραφείς, χρονικά διαστήματα, τα οποία εμμέσως πλην σαφώς τα ορίζουν ως τη χρονική διάρκεια μίας ημέρας. Αντίστοιχα, για τις θετικές αποδόσεις θα ισχύει:

$$RS^+ = \sum_{j=1}^{t_j \leq 1} (Y_{t_j} - Y_{t_{j-1}})^2 1_{Y_{t_j} - Y_{t_{j-1}} \geq 0} \quad (28)$$

Η ημιδιακύμανση, σε κάποιες περιπτώσεις δίνει πιο αποτελεσματική πρόβλεψη των αποδόσεων και ουσιαστικά διαχωρίζει την πιθανότητα να σημειωθούν αρνητικές αποδόσεις από την αντίστοιχη των θετικών. Βέβαια, δεν παύει να αποτελεί ένα μέτρο που εκφράζει τον κίνδυνο σε στατιστικούς όρους και να μην είναι ιδιαίτερα εύχρηστη για τους μη εξοικειωμένους με αυτήν.

4.3 Value at Risk

Για κάθε περίπτωση που κάποιος θέλει να έχει μια ποσοτικοποιημένη αίσθηση του κινδύνου χωρίς να ασχοληθεί ιδιαίτερα με στατιστικούς όρους, με εκτιμητές και χωρίς να χρειάζεται τουλάχιστον υπολογιστή τσέπης για να υπολογήσει τι ποσό κινδυνεύει να χάσει, τότε θα πρέπει να στραφεί προς ένα μέτρο κινδύνου που θα είναι εκπεφρασμένο σε χρηματικά ποσά. Ένα τέτοιο μέτρο είναι το Value at Risk (VaR). Το εισήγαγαν οι Linsmeier και Pearson (1996) και όπως υποδηλώνει και η ονομασία του είναι μια εκτίμηση για το ποσό, από το συνολικό κεφάλαιο μιας επένδυσης, που βρίσκεται σε κίνδυνο. Βέβαια, αυτή η ερμηνεία είναι αρκετά ανακριβής, όπως και η ίδια η ονομασία του μοντέλου. Άλλωστε, στην πραγματικότητα, όλο το κεφάλαιο της κάθε επένδυσης είναι ανά πάσα στιγμή σε κίνδυνο, εκτός από εκείνο το ποσοστό του κεφαλαίου για το οποίο έχουμε αντισταθμίσει τον κίνδυνο, από το οποίο, όμως, δεν αναμένουμε κέρδη. Συνεπώς, η ίδια η ονομασία του μέτρου αυτού, είναι παραπλανητική.

Στην πραγματικότητα, το VaR ενός χαρτοφυλακίου είναι η ελάχιστη δυνατή απώλεια στο χειρότερο 5% των περιπτώσεων ή εν γένει στο ποσοστό εκείνο των περιπτώσεων που επιθυμεί να ορίσει ο κάθε ενδιαφερόμενος. Αυτό προϋποθέτει ότι με κάποιον τρόπο έχουμε καταρτίσει μια κατανομή των πιθανών αποτελεσμάτων μιας επένδυσης, υποθέτοντας κανονικότητα, και από αυτήν εντοπίζουμε την χαμηλότερη απώλεια στο διάστημα του 5% του αριστερού άκρου της. Τυπικά, υπάρχουν τρεις τρόποι για να υπολογιστεί το VaR. Ο ένας είναι με ιστορική προσομοίωση, ο δεύτερος με χαρτογράφηση διακύμανσης - συνδιακύμανσης και ο τρίτος με προσομοίωση Monte Carlo. Και στις τρεις περιπτώσεις, πρέπει να έχει αποφασιστεί η ακριβής σύνθεση του χαρτοφυλακίου που αξιολογείται και ο χρονικός ορίζοντας.

Στην ιστορική προσομοίωση, αρχικά αναγνωρίζονται οι παράγοντες εκείνοι της αγοράς που καθορίζουν την αξία του επιλεγμένου από εμάς χαρτοφυλακίου (επιτόκια, συναλλαγματικές ισοτιμίες κ.τ.λ.) και καθορίζουμε την εξίσωση που δίνει την mark-to-market αξία του, συναρτήσει αυτών των παραγόντων. Στη συνέχεια, λαμβάνονται ιστορικές τιμές για τους παράγοντες αυτούς, για τόσες από τις τελευταίες παρελθούσες ημέρες, όσες είναι και αυτές, κατά τις οποίες πρόκειται να διακρατήσουμε το υπό εξέταση χαρτοφυλάκιο. Ακολούθως, εφαρμόζουμε αυτές τις

τιμές στο χαρτοφυλάκιο και καθορίζουμε τα πιθανά κέρδη ή τις ζημίες που προκύπτουν από τις παρατηρηθείσες τιμές των προαναφερθέντων παραγόντων. Από το σύνολο των περιπτώσεων επιλέγουμε το 5% των μεγαλύτερων πιθανών απωλειών και η μικρότερη από αυτές τις τιμές αποτελεί το VaR του χαρτοφυλακίου.

Στη δεύτερη περίπτωση, δημιουργούμε ένα ισοδύναμο χαρτοφυλάκιο, το οποίο έχει κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Αφού έχουμε προσδιορίσει τους παράγοντες που επηρεάζουν την mark-to-market αξία της αρχικής μας θέσης, απομονώνουμε τον κάθε έναν από αυτούς τους παράγοντες και επιλέγουμε ένα στοιχειώδες χρηματοοικονομικό προϊόν που να εξαρτάται μόνο από αυτόν. Για παράδειγμα, για ένα επιτόκιο, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα ομόλογο με το ίδιο επιτόκιο και την ίδια χρονική διάρκεια. Έτσι, δημιουργούμε την ισοδύναμη επενδυτική θέση που αποτελείται από το σύνολο όλων των επιμέρους. Στη συνέχεια, καταρτίζουμε τον πίνακα των συνδιακυμάνσεων για τα συστατικά του ισοδύναμου χαρτοφυλακίου, τις οποίες εύκολα τις υπολογίζουμε από τους παράγοντες της αγοράς που έχουμε ήδη επιλέξει. Από τις συνδιακυμάνσεις, εύκολα πλέον μπορεί να υπολογιστεί η τυπική απόκλιση οποιουδήποτε συνδυασμού των στοιχειωδών προϊόντων από τον τύπο της για άθροισμα τυχαίων μεταβλητών με κανονική κατανομή. Συνεπώς, το VaR του χαρτοφυλακίου που εξετάζουμε, θα είναι ίσο με αυτό του ισοδύναμού του.

Η μέθοδος με προσωμοίωση Monte Carlo δεν έχει μεγάλη διαφορά από την ιστορική μέθοδο. Η ουσιαστική διαφορά είναι ότι αντί για ιστορικές τιμές περιορισμένου αριθμού ημερών για κάθε έναν από τους παράγοντες της αγοράς που σχετίζονται με την εκάστοτε επένδυση, υποτίθεται εξ αρχής μια κατανομή που αντιστοιχεί με τον καλύτερο τρόπο στους παράγοντες αυτούς και δημιουργούνται μερικές χιλιάδες τιμές από αυτήν την κατανομή, άρα υπολογίζονται και μερικές χιλιάδες αποτελέσματα κέρδους ή ζημίας για το εξετιζόμενο χαρτοφυλάκιο. Από τα αποτελέσματα αυτά, εξάγεται τελικά το ζητούμενο VaR.

Το VaR, από πολύ νωρίς έγινε αποδεκτό από την επιτροπή επίβλεψης των τραπεζών της Βασιλείας, καθώς επιτρέπει στις τράπεζες να χρησιμοποιούν επισήμως τα δικά τους προσαρμοσμένα VaR μοντέλα για να προσδιορίζουν τις κεφαλαιακές τους ανάγκες για τον κίνδυνο που έχουν αναλάβει (Linsmeier και

Pearson, 2000). Εξίσου νωρίς έγινε αποδεκτό και από τις εποπτικές αρχές των Ηνωμένων Πολιτειών, όπου το VaR είναι ένα από τα τρία μοντέλα, με τα οποία επιτρέπεται οι εταιρίες να προσδιορίζουν και να ανακοινώνουν υποχρεωτικά τον κίνδυνο που έχουν αναλάβει. Παρ' όλα αυτά, σαν μοντέλο, έχει αρκετά αδύνατα σημεία και για το λόγο αυτό δέχεται έντονες κριτικές.

4.4 Αναμενόμενη ζημία (Expected Shortfall)

Όπως σημειώθηκε και παραπάνω, για να είναι χρήστικό και αντιπροσωπευτικό της πραγματικότητας ένα μέτρο κινδύνου πρέπει να πληροί όσο το δυνατό περισσότερες από τις προϋποθέσεις που απαιτούνται για να είναι συνεκτικό. Ένα από τα επιχειρήματα όσων κατακρίνουν το VaR είναι ότι δεν παρουσιάζει subadditivity. Είναι δηλαδή πολύ εύκολο να δημιουργηθούν δύο χαρτοφυλάκια, των οποίων τα VaR, αν προστεθούν θα έχουν άθροισμα μεγαλύτερο από την πραγματική τιμή που θα έχει το τελικό χαρτοφυλάκιο αν το αντιμετωπίσουμε σαν σύνολο. Οι Acerbi et al. (2001) παραθέτουν μερικά τέτοια παραδείγματα. Εντοπίζουν, επίσης, ότι ένα μεγάλο μέρος των επενδυτών έχει εσφαλμένη αντίληψη για αυτό που τελικά εκφράζει το VaR. Σύμφωνα με αυτούς, νομίζουν μερικοί επενδυτές ότι εκφράζει τη μεγαλύτερη απώλεια που μπορεί να σημειώσει ένα χαρτοφυλάκιο στο χειρότερο 5% των περιπτώσεων και δε συνειδητοποιούν ότι στην πραγματικότητα η μεγαλύτερη πιθανή απώλεια, βάσει της κατανομής, είναι θεωρητικά άπειρη αλλά και πρακτικά μπορεί να είναι απρόβλεπτα μεγάλη.

Εντοπίζοντας γενικά τις αδυναμίες του μοντέλου αυτού, προτείνουν ένα άλλο, το οποίο, αν και είναι στην ουσία μια παραλλαγή του VaR, συγκεντρώνει όλες εκείνες τις ιδιότητες που χρειάζονται για να το καταστήσουν συνεκτικό. Ονομάζεται Expected Shortfall και η διαφορά του με το παραπάνω είναι ότι εκφράζει την αναμενόμενη τιμή της απώλειας για το χειρότερο 5% των περιπτώσεων. Έτσι συνδυάζει όλα τα θετικά του VaR, όπως απλότητα και ευκολία υπολογισμού, ώντας παράλληλα πιο αντιπροσωπευτικό και πιο εύχρηστο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΟΙΚΟΝΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ

Κάθε επενδυτής, για να πάρει αποφάσεις ως προς τον τρόπο, με τον οποίο θα επενδύσει το διαθέσιμο κεφάλαιό του, χρειάζεται να προβλέψει τις μελλοντικές τιμές της απόδοσης του χαρτοφυλακίου που θα δημιουργήσει αλλά και τον κινδύνου που αυτό ενσωματώνει. Εφ' όσον το ευρύτερα αποδεκτό μέτρο κινδύνου τις τελευταίες δεκαετίες είναι η μεταβλητότητα, τα περισσότερα οικονομετρικά μοντέλα προβλέψεων στρέφονται κυρίως προς αυτήν την κατεύθυνση. Τέτοια μοντέλα είναι το GARCH, το ARMA και το HAR-RV. Το ARMA είναι ένα γενικότερο αυτοπαλίνδρομο μοντέλο πρόβλεψης μελλοντικών τιμών σε χρονοσειρές ενώ τα άλλα δύο προβλέπουν τη μελλοντική μεταβλητότητα με το GARCH να κάνει ταυτόχρονες προβλέψεις και για την απόδοση. Και τα τρία, έχουν τύχει μεγάλης προσοχής όλα αυτά τα χρόνια και χρησιμοποιούνται από εκατομμύρια επενδυτές και αναλυτές παγκοσμίως.

5.1 ARMA

Το συγκεκριμένο μοντέλο, το ARMA (Autoregressive Moving Average) δεν αναπτύχθηκε αποκλειστικά για εφαρμογή σε οικονομετρικά ζητήματα. Άλλωστε αυτοπαλίνδρομα μοντέλα και μοντέλα τύπου «Moving Average» χρησιμοποιούνται και για ζητήματα πρόβλεψης και ελέγχου σε μηχανικά συστήματα αλλά και σε βιομετρικές εφαρμογές. Γενικότερα αναπτύχθηκε για τις περιπτώσεις που μια συνεχής διαδικασία χρειάζεται να απεικονιστεί επαρκώς από διακριτά σημεία. Ο Yule (1927) ξεκίνησε μελετώντας την κίνηση ενός εκκρεμούς και γενικότερα μιας αρμονικής διακύμανσης στην οποία είχε προστεθεί ένας διαταρακτικός παράγοντας. Στον κλάδο της οικονομίας και των χρηματοοικονομικών μπορεί με το μοντέλο αυτό να μελετηθεί, για παράδειγμα, η διακύμανση της τιμής μιας μετοχής από ημερήσιες τιμές κλεισίματος.

Ας υποθέσουμε μια στάσιμη σειρά σε ίσα χρονικά διαστήματα, $t, t-1, t-2, \dots$ και τις τιμές της $\Gamma_t, \Gamma_{t-1}, \Gamma_{t-2}, \dots$ που εφ' όσον το αντικείμενό μας είναι οι

οικονομετρικές αναλύσεις, τα r_t μπορούν κάλλιστα να είναι αποδόσεις. Έστω ότι αυτές οι αποδόσεις έχουν διαχρονικά αναμενόμενη τιμή το μηδέν και έστω $\alpha_t, \alpha_{t-1}, \alpha_{t-2}, \dots$ είναι ένας λευκός θόρυβος με μέσο ίσο με το μηδέν και διακύμανση σ_α^2 . Ως γνωστόν, ένα αυτοπαλίνδρομο μοντέλο θα έχει τη μορφή

$$r_t = \varphi_1 r_{t-1} + \alpha_t \text{ αν είναι πρώτου βαθμού και αντίστοιχα τη μορφή}$$

$$r_t = \varphi_1 r_{t-1} + \varphi_2 r_{t-2} + \alpha_t \text{ αν είναι δευτέρου βαθμού, με}$$

Με τον ίδιο τρόπο, ένα πρωτοβάθμιο μοντέλο τύπου moving average θα είναι της μορφής $r_t = \alpha_t - \theta_1 \alpha_{t-1}$ και αν είναι δευτεροβάθμιο θα έχει τη μορφή $r_t = \alpha_t - \theta_1 \alpha_{t-1} - \theta_2 \alpha_{t-2}$. Ένα αυτοπαλίνδρομο μοντέλο χρειάζεται άπειρους όρους για να αναπαραστήσει πεπερασμένους όρους ενός moving average και το αντίστροφο (Box και Jenkins 1968). Αν όμως ενώσουμε τα δύο αυτά είδη μοντέλων σε ένα, τότε καταλήγουμε στη δημιουργία του ARMA(p,q) που για την περίπτωση των αποδόσεων με μηδενικό μέσο θα έχει την παρακάτω μορφή:

$$r_t - \varphi_1 r_{t-1} - \dots - \varphi_p r_{t-p} = \alpha_t - \theta_1 \alpha_{t-1} - \dots - \theta_q \alpha_{t-q} \quad (29)$$

ή αλλιώς

$$r_t = \sum_{i=1}^p \varphi_i r_{t-i} + \alpha_t - \sum_{i=1}^q \theta_i \alpha_{t-i} \quad (30)$$

Τις περισσότερες φορές οι δείκτες p και q παίρνουν τις τιμές 0, 1 και 2. Αν, τώρα, θεωρήσουμε έναν οπισθοδρομικό τελεστή χρονικής μετάβασης (backward shift operator), B, τέτοιο ώστε $r_{t-1} = B r_t$, τότε η παραπάνω σχέση θα γραφτεί

$$r_t (1 - \sum_{i=1}^p \varphi_i B^i) = \alpha_t (1 - \sum_{i=1}^q \theta_i B^i) \quad (31)$$

Αν το πολυώνυμο $\varphi_{(B)}^p = 1 - \varphi_1 B - \varphi_2 B^2 - \dots - \varphi_p B^p$ μπορεί να γραφτεί και στη μορφή $(1 - B)^d \varphi_{(B)}^{p-d}$, αν δηλαδή έχει ρίζα πολλαπλότητας d , τότε το μοντέλο μπορεί να αναπαραστήσει και μη στάσιμες χρονοσειρές και αυτή η μορφή του είναι ευρέως γνωστή ως ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) (Wichern 1973).

5.2 GARCH

Ένας εύκολος τρόπος να εκτιμήσει κανείς μια επένδυσή του, όταν έχει στη διάθεσή του ένα δείγμα ιστορικών παρατηρήσεων για τα συνθετικά του χαρτοφυλακίου του, είναι να υποθέσει κανονική κατανομή στις παρατηρήσεις αυτές και να υπολογίσει τα περιγραφικά στατιστικά χαρακτηριστικά τους. Να βρεί, δηλαδή, τη μέση τιμή τους και την τυπική απόκλιση, να ελέγξει αν η κατανομή έχει μια κλίση προς τα αρνητικά ή τα θετικά και να αποφασίσει βάσει αυτών των στοιχείων αν αξίζει να προχωρήσει στην επένδυση ή όχι. Αυτό, όμως, ιδιαίτερα αν τα δεδομένα καλύπτουν μια μεγάλη χρονική περίοδο, θα είναι σαν να παραβλέπει την ύπαρξη οικονομικών κύκλων και δεν θα είναι σε θέση να γνωρίζει αν στο χρονικό ορίζοντα της επένδυσής του οι αποδόσεις του συγκεκριμένου χαρτοφυλακίου θα είναι πιο συχνά θετικές ή αρνητικές και τι μεγέθους.

Το 1982 ο Engle δημοσίευσε την πρότασή του για τον υπολογισμό της αναμενόμενης απόδοσης και της αναμενόμενης μεταβλητότητας για συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα. Σε μια προσπάθεια να ανταποκριθεί σε παρατηρήσεις των οικονομετρών ότι η προβλεπτική τους ικανότητα μεταβάλλεται ανάλογα με τη χρονική περίοδο που μελετούν και ότι φαίνεται να υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα σε μεγάλες και μικρές αποκλίσεις σε συνεχή χρονικά διαστήματα, παρουσίασε το μοντέλο που είναι ευρέως γνωστό ως ARCH (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity).

Αν, λοιπόν, οι αποδόσεις μιας μετοχής ή ενός χαρτοφυλακίου υποθεθεί ότι είναι μια τυχαία μεταβλητή, τότε η πρόβλεψη της τιμής της για κάθε χρονική περίοδο θα είναι η δεσμευμένη αναμενόμενη τιμή της, όπως υπολογίζεται στην

αρχή της περιόδου ενσωματώνοντας όλη την υπάρχουσα πληροφορία των προηγούμενων περιόδων. Η τελική μαθηματική μορφή που έδωσε ο Engle σ' αυτήν την υπόθεση (εκείνος, βέβαια, το έθεσε γενικότερα για μια τυχαία μεταβλητή, όχι συγκεκριμένα για αποδόσεις αλλά είναι προφανές ότι ο πρωτεύων στόχος του ήταν οι αποδόσεις) είναι η εξής:

$$r_t | \Psi_{t-1} \sim N(x_t \beta, h_t),$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2, \quad (32)$$

$$\varepsilon_t = r_t - x_t \beta.$$

Όπου r_t είναι η απόδοση του χρονικού διαστήματος $t-1$ έως t , Ψ_{t-1} είναι όλη η διαθέσιμη πληροφορία μέχρι τη στιγμή $t-1$, $x_t \beta$ είναι ένας γραμμικός συνδυασμός ενδογενών και εξωγενών μεταβλητών που περιέχονται στην πληροφορία Ψ_{t-1} με β ένα διάνυσμα αγνώστων παραμέτρων και α το ίδιο, ενώ $p \geq 0$.

Η εξίσωση h_t εκφράζει την υπό συνθήκη αναμενόμενη τιμή της διακύμανση της απόδοσης ενώ το ε_t αντιπροσωπεύει την «έκπληξη», την απόκλιση, δηλαδή της απόδοσης που τελικά παρατηρείται από αυτήν που αναμενόταν. Αυτό που έχει μεγάλη σημασία είναι ότι μέσω των αποκλίσεων ε_t συνδέεται η προσδοκία για την απόδοση με την προσδοκία για τη μεταβλητότητά της, γεγονός που ταυτόχρονα συνάδει και με την ουσιαστική αλληλεξάρτηση των αποδόσεων με τη μεταβλητότητα, εφ' όσον δεν είναι δυνατόν να σημειωθούν, για παράδειγμα, ακραίες τιμές απόδοσης με χαμηλή μεταβλητότητα. Οι δύο αυτές έννοιες είναι άμεσα συνυφασμένες μεταξύ τους, είναι σαν τις δύο όψεις του ίδιου νομίσματος και το ARCH μπορεί και αποτυπώνει αυτήν τη σχέση.

Βέβαια, επειδή πάντα υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης, μερικά χρόνια αργότερα, το 1986, ο Bollerslev δημοσίευσε μια γενίκευση του παραπάνω μοντέλου, έτσι ώστε η εξίσωση της διακύμανσης να μπορεί να περιλαμβάνει και χρονικές υστερήσεις (lags) της δικής της τιμής. Έτσι, τελικά, προέκυψε το μοντέλο

GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity) που είναι από τα πιο γνωστά και πολυχρησιμοποιημένα οικονομετρικά μοντέλα:

$$\varepsilon_t | \Psi_{t-1} \sim N(0, h_t),$$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i} \quad (33)$$

$$\varepsilon_t = r_t - x_t \beta$$

Η παραπάνω διαμόρφωση του μοντέλου συμβολίζεται ως GARCH(p,q) και η πιο συνθισμένη εκδοχή του είναι η (1,1). Ο λόγος είναι ότι πραγματοποιεί, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, τις πιο ακριβείς προβλέψεις ή, τουλάχιστον, δεν υστερεί σε ικανότητα από τις εκδοχές του που χρησιμοποιούν περισσότερες χρονικές υστερήσεις, ενώ παράλληλα είναι πιο απλό και λιγότερο χρονοβόρο. Στην υποσημείωση 1, στο άρθρο του, ο Bollerslev αναφέρει κάτι χρήσιμο. Στη θέση του ε_{t-i}^2 της παραπάνω εξίσωσης μπορεί κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί και το $|\varepsilon_{t-1}|$, ιδιότητα που καθιστά το μοντέλο σχετικά ευέλικτο στην επιλογή μέτρου για τη μεταβλητότητα.

Μια πολύ σημαντική ιδιότητα του GARCH είναι ότι η διαδικασία που εξετάζεται με αυτό, είναι στάσιμη αν και μόνο αν

$$\sum_{i=1}^q \alpha_i + \sum_{i=1}^p \beta_i < 1 \quad (34)$$

Σ' αυτήν την περίπτωση, $E(\varepsilon_t) = 0$ και $\text{COV}(\varepsilon_t, \varepsilon_s) = 0$ για $t \neq s$. Με άλλα λόγια, όταν ισχύει η παραπάνω σχέση, όλη η διακύμανση των αποδόσεων γίνεται γύρω από το μηδέν ασχέτως μεταβλητότητας. Δηλαδή όσο μεγάλες ή μικρές και να είναι οι αποδόσεις που σημειώνονται, πάντα παρουσιάζουν μια «συμμετρία» γύρω από το μηδέν έτσι που αυτό να είναι η προσδοκία για τις μελλοντικές τιμές τους και παράλληλα δύο οποιεσδήποτε διαφορετικές τιμές δεν παρουσιάζουν συσχέτιση μεταξύ τους. Όταν στην σχέση (31) η ανισότητα αντικατασταθεί με

ισότητα, τότε η διαδικασία παύει να είναι στάσιμη και παρουσιάζει μεταβολή, διαχρονικά, στην αναμενόμενη τιμή της απόδοσης.

Αναμενόμενο είναι βέβαια, ότι όσο περισσότερη απήχηση έχει στον τομέα του ο,τιδήποτε καινούριο, τόσο περισσότερη κριτική θα δεχθεί. Αρκετοί είναι, λοιπόν, εκείνοι που κατηγορούν το GARCH ότι, ενώ είναι αξιόπιστο για προβέψεις με χρήση ημερησίων παρατηρήσεων, δεν είναι κατάλληλο για την ανάλυση δεδομένων υψηλής συχνότητας. Οι Andersen και Bollerslev (1997) απαντούν στις κριτικές, αναπτύσσοντας μια διαμόρφωση του GARCH, τέτοια που να μπορεί να χρησιμοποιήσει δεδομένα με συχνότερες παρατηρήσεις από τις ημερήσιες, ακόμη και σε συνεχή χρόνο. Για ενδοημερήσιες τιμές, απλώς προσθέτουν ένα συμπληρωματικό δείκτη, m , για τις διαμερίσεις της κάθε ημέρας και το μοντέλο γίνεται

$$r_{(m),t} = \sigma_{(m),t} \cdot Z_{(m),t} \quad (35)$$

$$\sigma_{(m),t}^2 = \psi_{(m)} + \alpha_{(m)} \cdot \left(\sigma_{(m),t-\frac{1}{m}} \cdot Z_{(m),t-\frac{1}{m}} \right)^2 + \beta_{(m)} \cdot \sigma_{(m),t-\frac{1}{m}}^2$$

όπου $r_{(m),t}$ η απόδοση σε διάστημα μικρότερο από μία ημέρα, $\sigma_{(m),t}$ η αντίστοιχη τυπική απόκλιση, $Z_{(m),t}$ είναι i.i.d. με μηδενική μέση τιμή και μοναδιαία διακύμανση, και $\psi_{(m)}, \alpha_{(m)}, \beta_{(m)} > 0$. Για τη μελέτη με συνεχή χρόνο υποθέτουν ότι οι στιγμιαίες αποδόσεις δημιουργούνται από ένα martingale συνεχούς χρόνου και από το λήμμα του Ito, με τη χρήση μέσου τετραγωνικού σφάλματος (MSE) για δεσμευμένη διακύμανση στις ημερήσιες αποδόσεις, εξάγουν μια εξίσωση της αναμενόμενης τιμής της ημερήσιας απόδοσης.

5.3 Το μοντέλο HAR

Ένα από τα πιο πρόσφατα μοντέλα για την πρόβλεψη της μεταβλητότητας είναι το HAR (Corsi, 2004). Όπως αναφέρεται και στο όνομά του (Heterogeneous Autoregressive), είναι ένα αυτοπαλίνδρομο μοντέλο, με τη διαφορά, όμως, ότι

παρουσιάζει σχετικά μακρά μνήμη, αν και τυπικά, δεν κατατάσσεται στα μοντέλα με μακρά μνήμη και βασίζεται στην υπόθεση της ετερογένειας της αγοράς. Η ετερογένεια μπορεί να εντοπίζεται σε πολλά σημεία. Για παράδειγμα η ασύμμετρη πληροφόρηση ανάμεσα σε επενδυτές κάθε είδους, οι διαφορετικές προσδοκίες που διαμορφώνουν για κάθε είδους πληροφορία και η διαφορετική αντίδραση που μπορεί να έχουν από την ίδια πληροφορία, ανάλογα με την επενδυτική συμπεριφορά τους. Αν όλοι οι επενδυτές παγκοσμίως παρουσίαζαν ομογένεια, τότε με την κάθε καινούρια πληροφορία, θα αντιδρούσαν όλοι με τον ίδιο τρόπο και θα οδηγούσαν την αγορά τάχιστα σε ένα αρκετά προβλέψιμο σημείο ισορροπίας.

Ο σημαντικότερος παράγοντας ετερογένειας κατά τον Corsi, είναι ο διαφορετικός επενδυτικός ορίζοντας των διαφόρων ειδών επενδυτών. Από τη μία πλευρά υπάρχουν οι dealers, οι market makers και οι κερδοσκόποι που επενδύουν σε πολύ υψηλές ενδοημερήσιες συχνότητες ή το περισσότερο, ημερήσιες. Από την άλλη υπάρχουν οι κεντρικές τράπεζες, εμπορικοί οργανισμοί αλλά και επενδυτές συνταξιοδοτικών ταμείων (pension fund investors) που αντισταθμίζουν το συναλλαγματικό τους κίνδυνο. Το κάθε είδος επενδυτή έχει διαφορετικό χρόνο αντίδρασης στην πληροφόρηση, ανάλογα με τον επενδυτικό του ορίζοντα, και έτσι δημιουργεί ένα διαφορετικό συστατικό της μεταβλητότητας. Απλοποιώντας λίγο τις υποθέσεις, μπορεί να υποτεθεί ότι τρία είναι τα βασικά συστατικά της μεταβλητότητας. Το πρώτο είναι το βραχυπρόθεσμο με συχνότητα ημερήσια ή μεγαλύτερη. Το δεύτερο είναι το μεσοπρόθεσμο που συνήθως δημιουργείται από διαχειριστές χαρτοφυλακίων που αναθεωρούν την κάθε θέση ανά εβδομάδα και τέλος, τρίτο, είναι το μακροπρόθεσμο που προκύπτει από επενδύσεις με ορίζοντα μερικών μηνών ή και μεγαλύτερο. Το κάθε συστατικό από αυτά συνεισφέρει κατά ένα «ποσοστό» στη συνολική μεταβλητότητα, γι' αυτό και ονομάζονται μερικές μεταβλητότητες (partial volatilities).

Αν και το HAR μπορεί να χρησιμοποιήσει διάφορα μέτρα μεταβλητότητας, ο Corsi προτείνει την RV (realized volatility), όπως δίνεται από τον τύπο (6) για την ημερήσια τιμή της, ενώ για περιόδους μεγαλύτερες της μίας ημέρας, προτείνει τη χρήση του απλού αριθμητικού μέσου των ημερησίων τιμών που περιλαμβάνει η εκάστοτε περίοδος. Μάλιστα, βάσει του παραπάνω διαχωρισμού των επενδυτών

με γνώμονα τον επενδυτικό τους ορίζοντα, εκείνος χρησιμοποιεί στην τελική μορφή του μοντέλου του την RV μίας εβδομάδας και την αντίστοιχη ενός μήνα. Η μη παρατηρήσιμη μερική μεταβλητότητα για τη μηνιαία περίοδο, $\tilde{\sigma}_t^{(m)}$, υπολογίζεται από μια απλή παλινδρόμηση με τη realized volatility της περιόδου

$$\tilde{\sigma}_{t+1m}^{(m)} = C^{(m)} + \varphi^{(m)}RV_t^{(m)} + \tilde{\omega}_{t+1m}^{(m)} \quad (36)$$

όπου το $C^{(m)}$ είναι απλώς μια σταθερά για τη μηνιαία περίοδο το $\varphi^{(m)}$ ένας συντελεστής για την $RV_t^{(m)}$ και το $\tilde{\omega}_{t+1m}^{(m)}$ είναι διαχρονικά ανεξάρτητες διαταραχές με μηδενικό μέσο και κατάλληλα αφαιρεμένο το αριστερό τμήμα της κατανομής τους, ώστε να εξασφαλίζεται η θετικότητα των μερικών μεταβλητοτήτων. Αντίστοιχα, για την εβδομαδιαία περίοδο έχουμε

$$\tilde{\sigma}_{t+1w}^{(w)} = C^{(w)} + \varphi^{(w)}RV_t^{(w)} + \gamma^{(w)}E_t[\tilde{\sigma}_{t+1m}^{(m)}] + \tilde{\omega}_{t+w}^{(w)} \quad (37)$$

και για την ημερήσια περίοδο

$$\tilde{\sigma}_{t+1d}^{(d)} = C^{(d)} + \varphi^{(d)}RV_t^{(d)} + \gamma^{(d)}E_t[\tilde{\sigma}_{t+1w}^{(w)}] + \tilde{\omega}_{t+d}^{(d)} \quad (38)$$

Από τις παραπάνω εξισώσεις, τελικά, καταλήγουμε στον τύπο για την εκτιμώμενη μεταβλητότητα της επόμενης ημέρας

$$RV_{t+1d}^{(d)} = c + \beta^{(d)}RV_t^{(d)} + \beta^{(w)}RV_t^{(w)} + \beta^{(m)}RV_t^{(m)} + \omega_{t+1d} \quad (39)$$

Αξίζει να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο μοντέλο μπορεί το ίδιο εύκολα να χρησιμοποιήσει και ημιδιακυμάνσεις μαζί με τις χρονικές υστερήσεις τους, είτε σε συνδυασμό με τη μεταβλητότητα είτε και τελείως ανεξάρτητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Το εμπειρικό τμήμα της διατριβής αυτής έχει ως σκοπό να διερευνήσει τη σχέση της μεταβλητότητας με τις αποδόσεις σε τρεις βασικές ομάδες αγορών που εν πολλοίς αντιπροσωπεύουν την παγκόσμια οικονομία. Υπάρχουν, βέβαια, μελέτες που εξετάζουν το ίδιο ζήτημα σε παγκόσμιο επίπεδο (Li et al. 2005) αλλά το δείγμα τους είναι περιορισμένο και τα αποτελέσματά τους εξαρτώνται από το μοντέλο που χρησιμοποιούν. Γι' αυτό, υπάρχουν σαφή περιθώρια για περαιτέρω διερεύνηση του θέματος. Η πρώτη από τις προαναφερθείσες ομάδες είναι οι αγορές των χωρών της G7, των επτά, δηλαδή, μεγαλύτερων οικονομιών του κόσμου που αντιπροσωπεύουν το ήμισυ, περίπου, του παγκοσμίου ΑΕΠ. Η δεύτερη ομάδα είναι εν γένει η ευρωζώνη αλλά με μερικές τροποποιήσεις. Επειδή χώρες όπως η Μάλτα και η Σλοβακία δεν έχουν ιδιαίτερη δραστηριότητα σε χρηματιστηριακό επίπεδο και επειδή δεδομένα για την Κύπρο υπάρχουν μόνο μετά το 2004, οι τρεις αυτές χώρες δεν συμπεριελήφθησαν στην ανάλυση. Άλλωστε το ΑΕΠ και των τριών αυτών χωρών μαζί είναι ένα πολύ μικρό ποσοστό του συνόλου της ευρωζώνης. Επειδή, όμως, η τελευταία αλληλεπιδρά σε πολύ μεγάλο βαθμό με δύο από τις σημαντικότερες ευρωπαϊκές οικονομίες, την Μ. Βρετανία και τη Σουηδία, στις 14 χώρες του ευρώ που χρησιμοποιήθηκαν, προστέθηκαν και οι δύο αυτές χώρες για να είναι πιο αντιπροσωπευτικά τα αποτελέσματα για το σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τρίτη κατηγορία είναι οι εννέα σημαντικότερες αγορές της ανατολικής Ασίας. Η Ιαπωνία, η Κίνα, το Χονγκ Κονγκ, η Νότια Κορέα, η Μαλαισία, η Σιγκαπούρη, η Ταϊλάνδη, οι Φιλιππίνες και η Ταϊβάν.

Οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν, επελέγησαν και αυτοί με γνώμονα το πόσο αντιπροσωπευτικοί είναι για την οικονομία της κάθε χώρας. Για παράδειγμα, στην Κίνα χρησιμοποιήθηκε ο μεικτός δείκτης που περιλαμβάνει τρικόσιες μετοχές από τα χρηματιστήρια Σαγγάης και Shenzhen. Για τη Σουηδία χρησιμοποιήθηκε ο OMX Stockholm PI που είναι ο δείκτης με όλες τις μετοχές του χρηματιστηρίου της Στοκχόλμης. Αντίστοιχα και στις υπόλοιπες χώρες, το ζητούμενο ήταν ο δείκτης που θα επιλεγεί να υποδεικνύει, όσο αυτό είναι δυνατόν, το σύνολο της

επενδυτικής δραστηριότητας της κάθε μίας, έτσι ώστε να καλυφθεί συνολικά όσο το δυνατό μεγαλύτερο μέρος της παγκόσμιας αγοράς. Δεδομένα, βέβαια, από την αμερικανική ήπειρο δε χρησιμοποιήθηκαν διότι οι δύο χώρες της Βόρειας Αμερικής συμπεριλαμβάνονται στην G7, για τις δε χώρες της Λατινικής Αμερικής δεν έχουν κάποια αξιοσημείωτη χρηματιστηριακή δραστηριότητα ενώ για τη Βραζιλία υπάρχουν μελέτες που δείχνουν ότι η μεταβλητότητα δε χρησιμοποιείται ως αποκλειστικό μέτρο κινδύνου (Tabak και Guerra, 2002). Αντίθετα, παρά το γεγονός ότι υπάρχουν παρόμοιες μελέτες για ασιατικές αγορές (Chiang και Doong, 2001) και (Lee et al. 2001), τα αποτελέσματά τους δε συμβαδίζουν ιδιαίτερα.

Στην παρούσα διατριβή τα δεδομένα κάθε μίας εκ των τριών αυτών ομάδων αναλύονται σε μορφή πάνελ. Χρησιμοποιούνται ημερήσιες τιμές κλεισίματος και αυτή η επιλογή γίνεται για δύο, κατά βάση, λόγους. Ο πρώτος αφορά τη συνολική ποσότητα των παρατηρήσεων. Η χρονική περίοδος που καλύπτουν τα ιστορικά δεδομένα εκτείνεται από τις 03/01/2000 μέχρι και την 31/12/2009. Δέκα πλήρη έτη, δηλαδή, για ένα σύνολο περισσοτέρων από είκοσι χώρες. Έτσι για την G7, το σύνολο των παρατηρήσεων που χρησιμοποιούνται είναι 17.643 τιμές. Για την Ευρώπη, το αντίστοιχο πλήθος είναι 40.316 παρατηρήσεις και για τις ασιατικές χώρες, χρησιμοποιούνται συνολικά 21.716 τιμές. Ο δεύτερος λόγος είναι η προσπάθεια για αποφυγή του market microstructure noise. Πεποίθηση του γράφοντος είναι ότι για να μπει κανείς στη διαδικασία να χρησιμοποιήσει υψίσουχα δεδομένα και σύνθετα μοντέλα που θα επικεντρώνονται ακόμη περισσότερο στη λεπτομέρεια, πρώτα θα πρέπει να έχει εξάγει σαφείς ενδείξεις για την, προς λεπτομερέστερη διερεύνηση, υπόθεση από ανάλυση απλούστερων δεδομένων.

Οι προσδοκίες, λοιπόν, από την ανάλυση αυτή ήταν να ελεγχθεί κατά πόσο στο σύνολο, σχεδόν, της παγκόσμιας οικονομίας η μεταβλητότητα χρησιμοποιείται από τους επενδυτές ως βασικότερο μέτρο κινδύνου ή αν η προσοχή τους στρέφεται είτε λιγότερο είτε περισσότερο και προς άλλους παράγοντες. Μια ισχυρή αρνητική σχέση ανάμεσα στις αποδόσεις και τη μεταβλητότητα θα σήμαινε ότι όποτε η τελευταία αυξάνεται, οι τιμές των μετοχών κινούνται περισσότερο καθοδικά παρά προς τα επάνω, κατ' επέκταση θα σήμαινε ότι οι επενδυτές, όποτε εντοπίζουν αυξημένη μεταβλητότητα, προβαίνουν σε μαζικές πωλήσεις με αποτέλεσμα την πτώση των τιμών. Αν πάλι προέκυπτε μια ισχυρά θετική συσχέτιση, αυτό θα σήμαινε ή ότι η πλειψηφία των επενδυτών είναι κερδοσκόποι

και αναζητούν τον κίνδυνο ώστε να μπορούν να απαιτήσουν μεγαλύτερες αποδόσεις ή ότι χρησιμοποιούν άλλα μέτρα κινδύνου. Η τελευταία υπόθεση, ότι δηλαδή εκτιμούν τον κίνδυνο με άλλο τρόπο και άρα είναι αδιάφοροι για τη μεταβλητότητα, θα επαληθευόταν και στην περίπτωση που η ανάλυση θα κατέληγε σε μια ασθενή σχέση ανάμεσα σε αυτήν και τις αποδόσεις, ανεξάρτητα αν αυτή θα είχε αρνητικό ή θετικό πρόσημο.

6.1 Ανάλυση με τη χρήση GARCH

Ως γνωστόν, το πιο σύνηθες μοντέλο για την ανάλυση ημερήσιων δεδομένων είναι το GARCH. Στα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία, η μηδενική υπόθεση του Jarque-Bera τεστ έχει πιθανότητα μηδέν και στα τρία πάνελ, Ευρώπης, Ασίας και G7. Αυτό σημαίνει ότι τα δείγματα, ούτε μέση τιμή ίση με το μηδέν έχουν, ούτε η κύρτωσή τους έχει μηδενική απόκλιση από αυτήν της κανονικής κατανομής. Έτσι, η κανονική κατανομή χρησιμοποιείται στην ανάλυση μόνο για τυπικούς, καθαρά συγκριτικούς, λόγους και στη συνέχεια επαναλαμβάνονται όλες οι διαδικασίες χρησιμοποιώντας κατανομή student, όπως προτείνει ο Bollerslev (1987), για να μπορέσουν να εξαχθούν πιο ασφαλή συμπεράσματα. Ο έλεγχος για την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας στις αποδόσεις με αυτόματη επιλογή πλήθους υστερήσεων βάσει του Schwarz Info Criterion, δείχνει ότι η πιθανότητα για την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας είναι μηδενική και στα τρία πάνελ αλλά και στον κάθε δείκτη από κάθε πάνελ ξεχωριστά.

Η ανάλυση πραγματοποιείται με το σύστημα των εξισώσεων (33) στην μορφή (1,1). Δηλαδή χρησιμοποιείται μία χρονική υστέρηση για τα ε_t^2 και αντίστοιχα άλλη μία για το h_t . Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των δεδομένων δοκιμάστηκαν διάφορες εκδοχές του μοντέλου από (1,1) έως και (8,8) και όλοι οι ενδιάμεσοι συνδυασμοί τους για να εξακριβωθεί κατά πόσο μπορεί να βελτιωθεί η πρόβλεψη της διακύμανσης. Η μόνη περίπτωση που η απόδοση ήταν εξίσου καλή με το (1,1) ήταν όταν χρησιμοποιήθηκε το GARCH(4,4), με το τυπικό σφάλμα να είναι είτε ακριβώς το ίδιο είτε να είναι ελάχιστα μικρότερο, βελτίωση, δηλαδή, της

τάξης του 0,01%. Η διαφορά αυτή κρίθηκε αμελητέα και για το λόγο αυτό, χρησιμοποιήθηκε τελικά σε όλες τις αναλύσεις το GARCH(1,1) για λόγους απλότητας.

Για την εξίσωση του μέσου χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο ARMA, όπως περιγράφεται από την εξίσωση (30). Και στην περίπτωση αυτή, η μορφή (1,1) ήταν αυτή που προτιμήθηκε με τη διαφορά ότι εδώ δεν έγιναν δοκιμές με περισσότερες υστερήσεις. Άλλωστε, το πρωτεύον ζητούμενο σ' αυτήν την εξίσωση δεν ήταν οι, όσο το δυνατόν καλύτερες προβλέψεις της απόδοσης για την επόμενη ημέρα, αλλά η μελέτη της συσχέτισης ανάμεσα στη διακύμανση και στην απόδοση, όπως και ανάμεσα στην τυπική απόκλιση και την απόδοση. Χρησιμοποιήθηκε, δηλαδή, στην εξίσωση της απόδοσης (mean equation), διαδοχικά, πρώτα η h_t των εξισώσεων (33) και εν συνεχεία και η τετραγωνική ρίζα του h_t . Εξ άλλου, μπορεί να είναι άμεσα συνυφασμένες οι δύο αυτές εξισώσεις μέσω των τετραγωνικών αποκλίσεων, ε_t^2 , όμως τη θετική ή αρνητική τιμή της συσχέτισής τους, λογικά, την επηρεάζει κατά κύριο λόγο η συμπεριφορά των επενδυτών.

6.2 Ανάλυση με τη χρήση της δομής του HAR-RV

Για διασταύρωση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης με το GARCH αλλά και για επέκτασή τους, η ίδια συσχέτιση ανάμεσα σε μεταβλητότητα και αποδόσεις ερευνάται και με δεύτερο τρόπο. Στην προκειμένη περίπτωση, η βάση για τη μέθοδο της ανάλυσης προέρχεται από το μοντέλο HAR. Δε χρησιμοποιείται, όμως, απ' ευθείας το πλήρες μοντέλο για να προβλεφθεί η μελλοντική μεταβλητότητα. Εκείνο που χρησιμοποιείται, είναι η βασική ιδέα με την οποία ο Corsi ανέπτυξε το HAR. Δηλαδή το σκεπτικό ότι λόγω ετερογένειας των επενδυτών η μεταβλητότητα θα έχει περισσότερα από ένα συστατικά. Εκτός, λοιπόν, από αυτήν της προηγούμενης ημέρας, παίζουν ρόλο και η μέση τιμή της τελευταίας εβδομάδας αλλά και του τελευταίου μήνα. Παράλληλα και με το γεγονός ότι κάθε οικονομικός κύκλος συνίσταται από μικρότερους και ότι η περιοδικότητα εντοπίζεται σε δεδομένα από πολύ χαμηλές συχνότητες μέχρι και σε αρκετά υψηλές, θεωρήθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν και οι παραπάνω μέσες χρονικές υστερήσεις.

Αν εφαρμοζόταν κανονικά το HAR-RV για να εκτιμηθούν οι συντελεστές του και στη συνέχεια συσχετιζόνταν, με άλλη μια παλινδρόμηση, οι αποδόσεις με τη διακύμανση, τότε για να βρούμε πόσο επηρεάζονται οι αποδόσεις από κάθε είδος μερικής μεταβλητότητας, θα έπρεπε να πολλαπλασιάσουμε τους αντίστοιχους κάθε φορά συντελεστές. Δηλαδή, έστω ότι

$$r_{t+1d} = \tilde{c} + \tilde{\beta}_1 \tilde{RV}_{t+1d} \quad (40),$$

όπου r_{t+1d} η εκάστοτε απόδοση, \tilde{c} η εκτιμώμενη σταθερά και $\tilde{\beta}$ ο εκτιμώμενος συντελεστής για την εκτιμώμενη realized volatility, \tilde{RV}_t , και έστω και το μοντέλο HAR-RV της εξίσωσης (39), αλλά αφού έχουν ήδη εκτιμηθεί οι συντελεστές του

$$\tilde{RV}_{t+1d}^{(d)} = \tilde{c} + \tilde{\beta}^{(d)} RV_t^{(d)} + \tilde{\beta}^{(w)} RV_t^{(w)} + \tilde{\beta}^{(m)} RV_t^{(m)} \quad (41).$$

Στην παραπάνω περίπτωση, για να βρούμε πόσο εξαρτώνται οι αποδόσεις από την κάθε μερική μεταβλητότητα θα πρέπει να πάρουμε τα αντίστοιχα γινόμενα των συντελεστών

$$r_{t+1d} = \tilde{c}' + \tilde{\beta}_1 \tilde{\beta}^{(d)} RV_t^{(d)} + \tilde{\beta}_1 \tilde{\beta}^{(w)} RV_t^{(w)} + \tilde{\beta}_1 \tilde{\beta}^{(m)} RV_t^{(m)} \quad (43)$$

Το αποτέλεσμα θα ήταν να έχουμε ένα αποτέλεσμα που στην πραγματικότητα θα είναι η «εκτίμηση της εκτίμησης». Επιπρόσθετα, θα ήταν σαν να παίρνουμε ως δεδομένο ότι όλοι οι επενδυτές χρησιμοποιούν το ίδιο μοντέλο για να διαμορφώσουν τις εκτιμήσεις τους. Αντί, λοιπόν για την παραπάνω διαδικασία, στην ανάλυση αυτή, πραγματοποιείται απ' ευθείας παλινδρόμηση ανάμεσα στις αποδόσεις και στις μερικές μεταβλητότητες:

$$r_{t+1d} = c + \beta^{(d)} RV_t^{(d)} + \beta^{(w)} RV_t^{(w)} + \beta^{(m)} RV_t^{(m)} + \omega_{t+1d} \quad (44)$$

Σε ότι αφορά, τώρα, το μέτρο μεταβλητότητας που χρησιμοποιήθηκε, τα πράγματα είναι αρκετά απλά. Τυπικά μπορεί να πει κανείς ότι χρησιμοποιήθηκε ο τύπος (6) για την realized volatility, όπως προτείνει ο Corsi (2004), με τη διαφορά, όμως, ότι τα δεδομένα είναι ημερήσιες αποδόσεις. Συνεπώς η realized volatility, όπως περιγράφεται στον τύπο (6) εκφυλίζεται επί της ουσίας σε απόλυτη τιμή της

ημερήσιας απόδοσης. Και εφ' όσον για τις υπόλοιπες μερικές μεταβλητότητες προτείνει απλό αριθμητικό μέσο των RV, άρα για τις μέσες υστερήσεις εβδομάδας και μήνα, τελικά χρησιμοποιούνται οι μέσες απόλυτες αποδόσεις. Οι εκτιμήσεις των συντελεστών στις παλινδρομήσεις γίνονται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

6.3 Τα αποτελέσματα των αναλύσεων

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων, σίγουρα υποδεικνύουν μια κατάσταση αρκετά διαφορετική απ' ό,τι θα περίμενε κανείς. Όσοι έχουν πιο στενές επαφές με τις δυτικές οικονομίες, θεωρούν, σχεδόν, ως δεδομένο ότι, όπου είναι αυξημένη η μεταβλητότητα, οι αποδόσεις ακολουθούν πτωτική πορεία. Αυτό συμβαίνει κυρίως επειδή υπάρχουν πολλές μελέτες, όπως αναφέρεται και στο 2^ο κεφάλαιο, που στηρίζουν αυτήν τη θέση. Όταν, όμως, χρησιμοποιείται το GARCH στο σύνολο της G7, είτε χρησιμοποιούμε κανονική κατανομή, είτε κατανομή student η διακύμανση, h_t , όπως και η τετραγωνική ρίζα της δεν παρουσιάζουν καμμία στατιστική σημαντικότητα για την εξίσωση της μέσης τιμής. Με την υπόθεση για την κανονικότητα του δείγματος, η συσχέτιση τους με τις αναμενόμενες αποδόσεις προκύπτει θετική, ενώ με την κατανομή student αρνητική. Ωστόσο, το p-value της μηδενικής υπόθεσης, η πιθανότητα, δηλαδή, ο συντελεστής του h_t και αντίστοιχα της ρίζας του να είναι μηδέν, υπερβαίνει το 50% σε κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις.

Αυτό, λογικά, θα σήμαινε ότι οι επενδυτές, στο σύνολο της G7, απλά αδιαφορούν για τη μεταβλητότητα. Όμως, η χρήση του HAR εμφανίζει μια λίγο διαφορετική κατάσταση. Προκύπτει, δηλαδή, ότι η μεταβλητότητα της προηγούμενης ημέρας έχει θετική συσχέτιση με την απόδοση και μάλιστα με μηδενική πιθανότητα για τη μηδενική υπόθεση. Δεν είναι, βέβαια, ιδιαίτερα μεγάλος ο συντελεστής, περίπου στο 0,07. Η εβδομαδιαία μερική μεταβλητότητα δε λαμβάνεται υπ' όψη αν χρησιμοποιήσουμε διάστημα εμπιστοσύνης 5% αλλά θα μπορούσε να ληφθεί αν το διάστημα αυτό ήταν 10% και θα είχε αρνητική συσχέτιση με τις αποδόσεις με εξίσου χαμηλής τάξης συντελεστή. Τέλος, η μηνιαία

μεταβλητότητα έχει στατιστική σημαντικότητα με p -value 0 αλλά με ακόμη μικρότερο συντελεστή. Το σύνολο των παραπάνω, δίνει την εντύπωση, για τους επενδυτές της G7, ότι δεν δίνουν ιδιαίτερη σημασία στη διακύμανση αλλά όταν δίνουν, κυρίως λαμβάνουν υπ' όψη τους αυτήν της προηγούμενης ημέρας, την οποία πιθανότατα αξιολογούν ως μια ευκαιρία κέρδους, και αυτήν του τελευταίου μήνα, η οποία μάλλον θεωρείται ως μία ασθενής ένδειξη του συνολικού κινδύνου της οικονομίας για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Παρόμοια είναι η κατάσταση και στην Ευρώπη, γεγονός αναμενόμενο άλλωστε, εφ' όσον οι μισές χώρες της G7 είναι και χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Και για τις ευρωπαϊκές αγορές, το GARCH εκτιμά ότι η μεταβλητότητα δεν έχει στατιστική σημαντικότητα, ανεξαρτήτως κατανομής. Απλά, στην περίπτωση που χρησιμοποιείται η κατανομή student, η μηδενική υπόθεση έχει πολύ μικρότερη πιθανότητα να ισχύει, λιγότερο από 20%, αντίθετα με την κανονική κατανομή που για την Ευρώπη δίνει p -value πάνω από 80%. Η Χρήση του HAR, από την άλλη, δίνει παρόμοια αποτελέσματα με αυτά της G7 αλλά με μια μικρή διαφορά στην εβδομαδιαία μεταβλητότητα, η οποία, στο διάστημα του 5%, είναι στατιστικά σημαντική. Μια ερμηνεία που θα μπορούσε να δοθεί για αυτό το αποτέλεσμα, σε συνδυασμό με το ότι έχει αρνητική συσχέτιση με τις αποδόσεις, είναι ότι οι Ευρωπαίοι επενδυτές είναι λίγο πιο προσεκτικοί από τους Αμερικανούς και τους Ιάπωνες και γι' αυτό λαμβάνουν υπ' όψη ξεχωριστά την τελευταία εβδομάδα για να εκτιμήσουν τον ευρύτερο κίνδυνο της εκάστοτε χρονικής περιόδου.

Τελείως αντίθετη, όμως, είναι η εικόνα στα ασιατικά χρηματιστήρια, όπου όλα δείχνουν ότι οι επενδυτές «δε φοβούνται τη μεταβλητότητα»! Είτε χρησιμοποιήσει κανείς το GARCH είτε το HAR, η συσχέτιση της μεταβλητότητας με τις αποδόσεις είναι θετική και μάλιστα με πολύ μεγάλη στατιστική σημαντικότητα. Μοναδική παραφωνία ίσως, αποτελεί ο αρνητικός συντελεστής της μηνιαίας τιμής της διακύμανσης που προκύπτει από τη χρήση του HAR. Αυτό θα μπορούσε να σημαίνει ότι, έστω και για τυπικούς λόγους, κρατάνε πάντα κατά νου τη γενικότερη κατάσταση της αγοράς αλλά δεν της δίνουν και ιδιαίτερη σημασία, όπως προκύπτει από τη μικρή απόλυτη τιμή του συντελεστή αυτού. Επίσης όταν χρησιμοποιείται το GARCH, ο συντελεστής της h_t είναι κατά πολύ μεγαλύτερος

από τον αντίστοιχο της τετραγωνικής της ρίζας, ανεξαρτήτως κατανομής, Γεγονός που θα μπορούσε να σημαίνει ότι όταν οι ασιάτες χρησιμοποιούν τη μεταβλητότητα για να κερδοσκοπήσουν, προτιμούν να βασίζονται περισσότερο στις τιμές της διακύμανσης παρά σε αυτές της τυπικής απόκλισης.

6.4 Συμπεράσματα

Η συνολική εικόνα της παγκόσμιας επενδυτικής κοινότητας, όπως προέκυψε από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, δείχνει ότι σταδιακά οι επενδυτές, είτε ξεπερνούν το «φόβο» της μεταβλητότητας χρησιμοποιώντας, πλέον, άλλα μέτρα κινδύνου είτε γίνονται πιο κερδοσκόποι, οπότε και αποκτούν, προοδευτικά, μια «συμπάθεια» γι' αυτήν. Το σίγουρο είναι ότι από τις αρχές του 2000 και πλέον, η υψηλή μεταβλητότητα δε συνεπάγεται απαραίτητα και χαμηλές αποδόσεις. Για περαιτέρω επιβεβαίωση των παραπάνω ευρημάτων, σκόπιμο θα ήταν να επαναληφθεί η ίδια διαδικασία με δεδομένα υψηλής και υπέρ υψηλής συχνότητας και με τη χρήση μοντέλων για την αντιμετώπιση του market microstructure noise. Αν μια τέτοια μελέτη αποφέρει τα ίδια αποτελέσματα με την παραπάνω, τότε σίγουρα θα πρέπει να αναζητηθούν άλλα μέτρα κινδύνου. Κατά την άποψη του γράφοντος, ένα καλό εναλλακτικό τέτοιο μέτρο είναι η ημι-τυπική απόκλιση και ίσως και κάποιες παραλλαγές της για το λόγο ότι είναι συνεκτική (Pedersen και Satchell, 1998) και ταυτόχρονα ενσωματώνει αυτομάτως και την πιθανότητα για επενδυτική ζημία, η οποία από μόνη της είναι ένα ξεχωριστό μέτρο κινδύνου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Pedersen, C. S. and Satchell, S. E. (1998) 'An Extended Family of Financial-Risk Measures', *The Geneva Papers on Risk and Insurance Theory*, Vol. 23, pp. 89-117.
2. Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J-M. και Heath, D. (1999) 'Coherent Measures of Risk', *Mathematical Finance*, Vol. 9, Issue 3, pp. 203–228.
3. Baillie, R. T. and DeGennaro, R. P. (1990) 'Stock Returns and Volatility', *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 25, No. 2
4. Lee, C. F., Chen, G-m. and Rui, O. M. (2001) 'Stock Returns and Volatility on China's Stock Markets', *The Journal of Financial Research*, Vol. 24, No. 4, pp. 523-543.
5. Brandt, M. W. and Kang, Q. (2002) 'On the Relationship Between the Conditional Mean and Volatility of Stock Returns: A Latent VAR Approach', *Journal of Financial Economics*, Vol. 72, Issue 2, pp. 217-257.
6. Schwert, W. G. and Seguin, P. J. (1990) 'Heteroskedasticity in Stock Returns', *The Journal of Finance*, Vol. 45, No. 4, pp. 1129-1155.
7. French, K. R., Schwert, W. G. and Stambaugh, R. F. (1987) 'Expected Stock Returns and Volatility', *Journal of Financial Economics*, Vol. 19, Issue 1, pp. 3-29.
8. Glosten, L. R., Jaganathan, R. and Runkle, D. E. (1993) 'On the Relation between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks' *The Journal of Finance*, Vol. 48, Issue 5, pp. 1779-1801.
9. Adrian, T. and Rosenberg, J. (2008) 'Stock Returns and Volatility: Pricing the Long-Run and Short-Run Components of Market Risk', *The Journal of Finance*, Vol. 63, Issue 6, pp. 2997–3030.
10. Andersen, T. G., Bollerslev, T., Meddahi, N. (2011) 'Realized volatility forecasting and market microstructure noise', *Journal of Econometrics*, Vol. 160, pp. 220-234.
11. Brownlees, C. T. and Gallo, G. M. (2010) 'Comparison of Volatility Measures: a Risk Management Perspective' *Journal of Financial Econometrics*, Vol. 8, Issue 1, pp. 29-56.

12. Zhang, L., Mykland, P. A. and Ait-Sahalia, Y. (2005a) 'How Often to Sample a Continuous-Time Process in the Presence of Market Microstructure Noise', *Review of Financial Studies*, Vol. 18, Issue 2, pp. 351-416.
13. Zhang, L., Mykland, P. A. and Ait-Sahalia, Y. (2005b) 'A Tale of Two Time Scales: Determining Integrated Volatility With Noisy High-Frequency Data', *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 100(472), pp. 1394-1411.
14. Barndorff-Nielsen, O. E. and Shephard, N. (2006) 'Econometrics of testing for jumps in Financial economics using bipower variation', *Journal of Financial Econometrics*, Vol. 4, Issue 1pp. 1-30.
15. Andersen, T. G., Bollerslev, T., Diebold, F. X. and Vega, C. (2007) 'Real-Time Price Discovery in Global Stock, Bond and Foreign Exchange Markets', *Journal of International Economics*, Vol. 73, pp. 251-277.
16. Andersen, T. G., Bollerslev, T. (1997) 'Answering the Critics: Yes, ARCH Models Do Provide Good Volatility Forecasts', *NBER Working Papers*, working paper No. 6023.
17. Chiang, T. C and Doong, S-C (2001) 'Empirical Analysis of Stock Returns and Volatility: Evidence from Seven Asian Stock Markets Based on TAR-GARCH Model', *Review of Quantitative Finance and Accounting*, Vol. 17 pp. 301–318.
18. Tabak, B. M. and Guerra, S. M. (2002) 'Stock Returns and Volatility', *Central Bank of Brazil Working Papers Series*, working paper number 54.
19. Li, Q., Yang, J., Hsiao, C. and Chang, Y-J. (2005) 'The relationship between stock returns and volatility in international stock markets', *Journal of Empirical Finance*, Vol. 12, pp. 650-665.
20. Hansen, P. R. and Lunde, A. (2006) 'Consistent ranking of volatility models', *Journal of Econometrics*, Vol. 131, pp. 97–121.
21. Chou, H-C. and Wang, D. (2007) 'Forecasting Volatility on the U.K. Stock Market: A Test of the Conditional Autoregressive Range Model', *International Research Journal of Finance and Economics*, Issue 10, pp.7-13
22. Acerbi, C., Nardio, C. and Sirtori, C. (2001) 'Expected Shortfall as a Tool for Financial Risk Management', Derivatives Desk, Abaxbank, available at: [arXiv:cond-mat/0102304v1](https://arxiv.org/abs/cond-mat/0102304v1) [cond-mat.stat-mech]

23. Barndorff-Nielsen, O. E., Kinnebrock, S. and Shephard, N. (2008) 'Measuring Downside Risk - Realised Semivariance', CREATES Research Paper No. 2008-42. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1262194>
24. Bollerslev, T. (1987) 'A Conditionally Heteroskedastic Time Series Model for Speculative Prices and Rates of Return', *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 69, No. 3, pp. 542-547
25. Corsi, F. (2004) 'A Simple Long Memory Model of Realized Volatility' Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=626064>.
26. Barndorff-Nielsen, O. E. and Shephard, N. (2004) 'Power and Bipower Variation with Stochastic Volatility and Jumps', *Journal of Financial Econometrics*, Vol. 2, No. 1, pp. 1—37.
27. Stone, B. K. (1973) 'A General Class of Three-Parameter Risk Measures', *The Journal of Finance*, Vol. 28, No. 3, pp. 675-685.
28. Estrada, J. (2004) 'Mean-Semivariance Behaviour: An Alternative Behavioural Model', *Journal of Emerging Market Finance*, Vol. 3, No. 3 pp. 231-248.
29. Linsmeier, T. J. and Pearson, N. D. (2000) 'Value at Risk', *Financial Analysts Journal*, Vol. 56, No. 2, pp. 47-67.
30. Linsmeier, T. J. and Pearson, N. D. (1996) 'Risk Measurement: An Introduction to Value at Risk' available at: <http://www.casact.net/education/specsem/99frmgt/pearson2.pdf>
31. Yule, G. U. (1927) 'On a Method of Investigating Periodicities in Disturbed Series, with Special Reference to Wolfer's Sunspot Numbers', *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character*, Vol. 226, pp. 267-298.
32. Box, G. E. P. and Jenkins, G. M. (1968) 'Some Recent Advances in Forecasting and Control', *Journal of the Royal Statistical Society, Series C (Applied Statistics)*, Vol. 17, No. 2, pp. 91-109.
33. Wichern, D. W. (1973) 'The Behaviour of the Sample Autocorrelation Function for an Integrated Moving Average Process', *Biometrika*, Vol. 60, No. 2, pp. 235-239.
34. Engle, R.F. (1982) 'Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation', *Econometrica*, Vol. 50, No. 4, pp. 987-1007.

35. Bollerslev, T. (1986) 'Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity', *Journal of Econometrics*, Vol. 31, pp. 307-327. North-Holland.
36. Forsberg, L. and Ghysels, E. (2007) 'Why Do Absolute Returns Predict Volatility So Well?', *Journal of Financial Econometrics*, Vol. 5 Issue1, pp. 31-67.

Πίνακας 1 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τις αποδόσεις των δεικτών σε κάθε πάνελ			
	G7	ΕΥΡΩΠΗ	ΑΣΙΑ
Μέσος	-0,000105	-0,0000528	0,000106
Διάμεσος	0,000446	0,000488	0,000436
Μέγιστος	0,132346	0,120945	0,161776
Ελάχιστος	-0,121110	-0,139636	-0,160633
Τυπική απόκλιση	0,014491	0,014585	0,015783
Ασυμμετρία	-0,141581	-0,160865	-0,268366
Κύρτωση	9,083235	9,144192	9,728085
Jarque-Bera	27.262,79	63.589,43	41.219,87
Πιθανότητα	0,000000	0,000000	0,000000
Άθροισμα	-1,844670	-2,128251	2,306970
Άθροισμα τετραγωνικών αποκλίσεων	3,938161	8,575316	5,409163
Πλήθος παρατηρήσεων	17.643	40.316	21.716

Πίνακας 2

Αποτελέσματα της ανάλυσης με GARCH και χρήση της διακύμανσης (h_t) στην εξίσωση της αναμενόμενης τιμής, έχοντας υποθέσει κανονική κατανομή. Στον παρόντα, όπως και στους επόμενους πίνακες, οι τιμές που αναγράφονται για τους μη σημαντικούς, στατιστικά, όρους, είναι οι τελευταίες τιμές που αυτοί πήραν αμέσως πριν αφαιρεθούν από τις εξισώσεις και αφού προηγουμένως είχαν ήδη αφαιρεθεί όλοι οι όροι με μικρότερη στατιστική σημαντικότητα! Η τιμή μέσα στις παρενθέσεις είναι η πιθανότητα να ισχύει η μηδενική υπόθεση ότι ο συντελεστής του εκάστοτε όρου είναι ίσος με μηδέν. Δείχνει, δηλαδή, τη στατιστική σημαντικότητα του κάθε όρου

Mean Equation	G7	ΕΥΡΩΠΗ	ΑΣΙΑ
c	0,000129 (0,0003)	0,000560 (0,0000)	0,000112 (0,6072)
r_{t-1}	0,701860 (0,0000)	0,038788 (0,0000)	0,387059 (0,0000)
ma(1)	-0,738555 (0,0000)	-0,022124 (0,8686)	-0,330500 (0,0002)
h_t	0,126882 (0,6705)	0,083599 (0,8412)	1,677654 (0,0000)
GARCH Equation			
α_0	0,00000124 (0,0000)	0,00000136 (0,0000)	0,00000289 (0,0000)
α_1	0,089703 (0,0000)	0,107931 (0,0000)	0,093839 (0,0000)
β_1	0,906567 (0,0000)	0,890328 (0,0000)	0,898545 (0,0000)

Πίνακας 3

Αποτελέσματα της ανάλυσης με GARCH και χρήση της τυπικής απόκλισης ($\sqrt{h_t}$) στην εξίσωση της αναμενόμενης τιμής, έχοντας υποθέσει κανονική κατανομή.

Mean Equation	G7	ΕΥΡΩΠΗ	ΑΣΙΑ
c	0,000129 (0,0003)	0,000560 (0,0000)	0,000112 (0,6072)
r_{t-1}	0,701860 (0,0000)	0,038788 (0,0000)	0,309298 (0,0014)
ma(1)	-0,738555 (0,0000)	-0,021267 (0,8738)	-0,250336 (0,0108)
$\sqrt{h_t}$	0,001900 (0,8450)	-0,003000 (0,8035)	0,030940 (0,0000)
GARCH Equation			
α_0	0,00000124 (0,0000)	0,00000136 (0,0000)	0,00000286 (0,0000)
α_1	0,089703 (0,0000)	0,107931 (0,0000)	0,093973 (0,0000)
β_1	0,906567 (0,0000)	0,890328 (0,0000)	0,898641 (0,0000)

Πίνακας 4			
Αποτελέσματα της ανάλυσης με GARCH και χρήση της διακύμανσης (h_t) στην εξίσωση της αναμενόμενης τιμής, έχοντας υποθέσει κατανομή student-t.			
Mean Equation	G7	ΕΥΡΩΠΗ	ΑΣΙΑ
c	0,000156 (0,0001)	0,000613 (0,0000)	0,000347 (0,0000)
r_{t-1}	0,710219 (0,0000)	0,037830 (0,0000)	0,357020 (0,0038)
$ma(1)$	-0,747960 (0,0000)	0,065235 (0,6248)	-0,315360 (0,0120)
h_t	-0,073593 (0,7770)	-0,563954 (0,1587)	0,785689 (0,0882)
GARCH Equation			
α_0	0,000000927 (0,000)	0,000000929 (0,0000)	0,00000136 (0,0000)
α_1	0,083412 (0,0000)	0,103076 (0,0000)	0,085397 (0,0000)
β_1	0,914625 (0,0000)	0,898338 (0,0000)	0,913697 (0,0000)

Πίνακας 5

Αποτελέσματα της ανάλυσης με GARCH και χρήση της της τυπικής απόκλισης ($\sqrt{h_t}$) στην εξίσωση της αναμενόμενης τιμής, έχοντας υποθέσει κατανομή student-t.

Mean Equation	G7	ΕΥΡΩΠΗ	ΑΣΙΑ
c	0,000156 (0,0001)	0,000637 (0,0000)	0,000111 (0,5739)
r_{t-1}	0,710219 (0,0000)	-0,028280 (0,8331)	0,401869 (0,0004)
ma(1)	-0,747960 (0,0000)	0,038040 (0,0000)	-0,361462 (0,0018)
$\sqrt{h_t}$	-0,005243 (0,5448)	-0,016610 (0,1507)	0,026596 (0,0001)
GARCH Equation			
α_0	0,000000927 (0,0000)	0,000000929 (0,0000)	0,00000138 (0,0000)
α_1	0,083412 (0,0000)	0,103104 (0,0000)	0,085822 (0,0000)
β_1	0,914625 (0,0000)	0,898315 (0,0000)	0,913197 (0,0000)

Πίνακας 6 Τιμές των συντελεστών που εκτιμήθηκαν από την απ' ευθείας παλινδρόμηση των μερικών μεταβλητοτήτων με τις αποδόσεις (εξίσωση 44)			
	G7	ΕΥΡΩΠΗ	ΑΣΙΑ
c	0.0000466 (0.8338)	0.000551 (0.0001)	0.000302 (0.1989)
$RV_t^{(d)}$	0,071088 (0,0000)	0,053996 (0,0000)	0,044351 (0,0002)
$RV_t^{(w)}$	-0,052535 (0,0873)	-0,042085 (0,0288)	0,101386 (0,0001)
$RV_t^{(m)}$	-0,018393 (0,0000)	-0,015387 (0,0001)	-0,028978 (0,0000)