



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Value At Risk:
Μεθοδολογία Εκτίμησης Του Κινδύνου Και Εφαρμογή
Της Σε Χαρτοφυλάκιο Διεθνών Χρηματιστηριακών
Δεικτών

ΖΩΓΟΥΛΑ ΧΡΙΣΤΙΝΑ

ΔΟΤΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΑΘΗΝΑ
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ, 2018

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ τον καθηγητή μου κ. Δότση Γεώργιο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε δίνοντάς μου την δυνατότητα να εκπονήσω την διπλωματική μου εργασία και την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε.

Επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου για την ηθική και οικονομική συμπαράσταση όχι μόνο κατά την διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πολύπλοκη μορφή που απέκτησαν οι χρηματοοικονομικές αγορές κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων δεκαετιών, είχε ως αποτέλεσμα την απώλεια πολύ υψηλών κεφαλαίων από τις επιχειρήσεις και από τις τράπεζες. Οι χρηματοοικονομικοί οργανισμοί στην προσπάθεια αντιμετώπισης των κινδύνων της αγοράς στράφηκαν στη δημιουργία μέτρων κινδύνου. Ένα από τα πιο διαδεδομένα μέτρα κινδύνου είναι το Value at Risk (VaR). Η μέθοδος αυτή, εκφράζει τη μέγιστη αναμενόμενη ζημία μίας επένδυσης για δεδομένη χρονική περίοδο και δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι να μελετηθούν και να αναδειχθούν, οι κυριότερες μέθοδοι υπολογισμού του VaR. Αρχικά, αναλύονται οι κίνδυνοι που έχουν να αντιμετωπίσουν τα τραπεζικά ιδρύματα της χώρας. Επιπλέον, μέσα από αυτήν την εργασία θα γίνει κατανοητό τι είναι το VaR, πώς μπορεί να υπολογιστεί, ποια είναι τα κύρια χαρακτηριστικά του και ποια είναι τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του. Στη συνέχεια, θα μελετήσουμε τις τρεις πιο διαδεδομένες μεθόδους υπολογισμού του VaR και ειδικότερα τη Μέθοδο Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης τη Μέθοδο Ιστορικής Προσομοίωσης και τη Μέθοδο Προσομοίωσης Monte Carlo. Τέλος, με την βοήθεια της οικονομετρικής εφαρμογής Eviews, θα γίνει εφαρμογή των μεθόδων αυτών σ' ένα χαρτοφυλάκιο, το οποίο αποτελείται από διεθνείς χρηματιστηριακούς δείκτες.

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
2. ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	5
2.1. Κατηγορίες Κινδύνων	6
2.1.1. Κίνδυνος Αγοράς (Market Risk)	6
2.1.2. Πιστωτικός Κίνδυνος (Credit Risk)	7
2.1.3. Λειτουργικός Κίνδυνος (Operational Risk)	8
2.1.4. Κίνδυνος Ρευστότητας (Liquidity Risk)	8
2.2. Διαχείριση Κινδύνου	9
3. ΚΕΦΑΛΑΙΑΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΤΡΑΠΕΖΩΝ	10
3.1. Βασιλεία I	10
3.2. Βασιλεία II	11
3.3. Βασιλεία III	12
4. ΑΞΙΑ ΣΕ ΚΙΝΔΥΝΟ - VALUE AT RISK	13
4.1. Ορισμός του VaR	14
4.2. Παράμετροι του VaR	15
4.3. Πλεονεκτήματα του VaR	15
4.4. Μειονεκτήματα του VaR	17
5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ VaR	18
5.1. Μέθοδοι Υπολογισμού Του VaR	18
5.1.1. Η μέθοδος Διακύμανσης / Συνδιακύμανσης (Variance/Covariance VaR)	18
5.1.2. Η μέθοδος ιστορικής προσομοίωσης (Historical simulation method)	19
5.1.3. Η μέθοδος προσομοίωσης Monte Carlo (Monte Carlo simulation method)	20
5.2. Συγκριτική Ανάλυση Των Βασικών Μεθόδων Υπολογισμού Του VaR	22
5.3 Επανάλεγχος – Back-Testing	24
6. ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	24
6.1. Δεδομένα και Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία	24
6.2. Box – Jenkins Προσέγγιση	27
6.3. Τεστ Ετεροσκεδαστικότητας	37
6.4. Προβλέψεις με ARMA(1,2) - GARCH(1,1)	43
6.5. Υπολογισμός Value At Risk – ARMA(1,2)- GARCH (1,1)	43
6.6. Υπολογισμός Value At Risk με την Μέθοδο Ιστορικής Προσομοίωσης	45
6.7. Σύγκριση Μοντέλων VaR	46
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	47

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σημασία του κινδύνου τόσο για τα πιστωτικά ιδρύματα όσο και για τις επιχειρήσεις, έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης πολλών επιστημόνων , οι προσπάθειες των οποίων έχουν επικεντρωθεί στον καθορισμό μορφών χρηματοοικονομικών κινδύνων και στην ανάπτυξη εργαλείων για την εκτίμηση και διαχείρισή τους.

Κίνδυνος είναι η κατάσταση όπου δεν μπορεί κανείς να γνωρίζει με βεβαιότητα το αποτέλεσμα μίας ενέργειας αλλά μπορεί να περιγράψει τα ενδεχόμενα αποτελέσματα καθώς και την πιθανότητα αυτά να συμβούν .Έτσι, π.χ., με το στρίψιμο ενός κέρματος δεν μπορούμε να γνωρίζουμε εκ των προτέρων εάν θα καταλήξει σε κορώνα ή γράμμα. Όμως γνωρίζουμε ότι υπάρχουν μόνο αυτά τα δύο εναλλακτικά αποτελέσματα και μάλιστα μπορούν να συμβούν με ίση πιθανότητα 50%.

Συχνά συγχέεται ο όρος κίνδυνος με τον όρο αβεβαιότητα. Αβεβαιότητα είναι η κατάσταση όπου όχι μόνο δεν γνωρίζουμε εκ των προτέρων το αποτέλεσμα μίας ενέργειας, αλλά δεν μπορούμε να περιγράψουμε όλα τα ενδεχόμενα αποτελέσματα ούτε και τις πιθανότητες με τις οποίες θα συμβούν. Με άλλα λόγια, η αβεβαιότητα είναι μία προχωρημένη κατάσταση κινδύνου όπου αδυνατούμε να την περιγράψουμε.

Η παγκοσμιοποίηση των αγορών , η μεγάλη κίνηση κεφαλαίων καθώς και η ανάπτυξη συνθετών χρηματοοικονομικών προϊόντων που είναι πλέον αδύνατο να αξιολογηθούν με τις παραδοσιακές μεθόδους , δημιουργούν στις τράπεζες κινδύνους, όπως για παράδειγμα ο έλεγχος των χρηματοοικονομικών καταστάσεων των επιχειρήσεων. Για το λόγο αυτό ,λοιπόν, καθίσταται αναγκαία η ανάπτυξη ολοκληρωμένων συστημάτων που θα επιτρέψουν στα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα να διαχειριστούν σωστά τους κινδύνους και να αποφύγουν τυχόν ζημιές.

Η πιο δημοφιλής μέθοδος διαχείρισης χρηματοοικονομικών κινδύνων είναι το VaR. Το Value at Risk με το οποίο ασχολούμαστε στην εργασία αυτή, υπολογίζει τη μέγιστη δυνατή απώλεια μίας επένδυσης για δεδομένο διάστημα εμπιστοσύνης και δεδομένη χρονική περίοδο.

2.ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Ο Κίνδυνος ορίζεται ως η πιθανότητα να συμβεί ένα δυσμενές γεγονός κάποια χρονική περίοδο. Ο κίνδυνος στην θεωρία των επενδύσεων απεικονίζεται από την μεταβλητότητα των αποδόσεων τους και η μέτρηση του γίνεται από την τυπική απόκλιση των προσδοκώμενων αποδόσεων γύρω από την μέση τιμή τους.

Κατά την διάρκεια των τελευταίων ετών η διαχείριση κινδύνου έχει γίνει μία από τις κύριες ανησυχίες του χρηματοπιστωτικού κλάδου και αυτό γιατί η αποδοτική διαχείριση του κινδύνου ενός χαρτοφυλακίου , αποτελεί βασικό παράγοντα για την κερδοφορία των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων.

Ως διαχείριση κινδύνου ορίζεται η επιστημονική προσέγγιση για την πρόγνωση των πιθανών τυχαίων απωλειών και για το σχεδιασμό και την εφαρμογή των διαδικασιών που ελαχιστοποιούν την απώλεια .Συγκεκριμένα διαχείριση χρηματοοικονομικού κινδύνου (Financial Risk Management ~ FRM) ονομάζεται μία σειρά μέτρων και στρατηγικών, που υιοθετεί ένας χρηματοπιστωτικός οργανισμός ή επιχείρηση, με τη βοήθεια των οποίων ταυτοποιούνται, μετρώνται και ελέγχονται οι διάφοροι χρηματοοικονομικοί κίνδυνοι.

Επίσης, διαχείριση κινδύνων καλείται το σύνολο των συντονισμένων ενεργειών, στις οποίες προβαίνει η διοίκηση ενός τραπεζικού ιδρύματος με στόχο τη μέγιστη αιεφόρο αξία σε όλες τις δραστηριότητες του οργανισμού. Ταξινομεί την κατανόηση των πιθανών οφελών και απειλών όλων εκείνων των παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν τον οργανισμό. Αυξάνει την πιθανότητα επιτυχίας, και μειώνει αντίστοιχα , την πιθανότητα αποτυχίας και την αβεβαιότητα επίτευξης των συνολικών στόχων του οργανισμού.

Η διαχείριση του κινδύνου είναι η διεργασία της επιλογής και εφαρμογής μέτρων για να τροποποιηθεί ο κίνδυνος. Περιλαμβάνει, ως το πιο σημαντικό του στοιχείο, τον έλεγχο / μείωση κινδύνου, αλλά εκτείνεται ακόμη, για παράδειγμα, στην αποφυγή κινδύνου, τη μεταφορά κινδύνου, τη χρηματοδότηση κινδύνου, κ.λπ. χρησιμοποιώντας διαφορά συστήματα.

2.1. Κατηγορίες Κινδύνων

Η κατανόηση των διαφόρων τύπων κινδύνων είναι σημαντική διότι κάθε κατηγορία απαιτεί ένα διαφορετικό) σύνολο δεξιοτήτων διαχείρισης κινδύνου. Οι κίνδυνοι μπορούν σε γενικές γραμμές να ομαδοποιηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες: κίνδυνος αγοράς (market risk), πιστωτικός κίνδυνος (credit risk), λειτουργικός κίνδυνος (operational risk) και κίνδυνος ρευστότητας (liquidity risk) .

2.1.1. Κίνδυνος Αγοράς (Market Risk)

Ο κίνδυνος αγοράς είναι ο κίνδυνος ζημίας που προκύπτει από τυχόν αρνητικές μεταβολές των οικονομικών δεικτών και των τιμών, όπως είναι τα επιτόκια, οι συναλλαγματικές ισοτιμίες και οι τιμές των μετοχών και των αγαθών. Είναι ο κίνδυνος υποχώρησης του επιπέδου του εκάστοτε επενδυτικού προϊόντος.

Υπάρχουν 4 βασικοί τύποι κινδύνου της αγοράς: ο κίνδυνος επιτοκίου (interest-rate risk), ο κίνδυνος τιμής μετοχών (equity price risk), ο συναλλαγματικός κίνδυνος (foreign exchange risk) και ο κίνδυνος τιμής εμπορευμάτων (commodity price risk) .

Ο επιτοκιακός κίνδυνος προέρχεται από τις μεταβολές του επιπέδου των επιτοκίων. Ουσιαστικά αφορά την μείωση της αξίας μίας επένδυσης εξαιτίας μίας ανόδου των επιτοκίων. Μία επένδυση γίνεται λιγότερο ελκυστική αν ανέβουν τα επιτόκια, λόγω της αντιστρόφως ανάλογης σχέσης που έχουν οι τιμές ενός αξιόγραφου με τις τιμές των επιτοκίων.

Ο κίνδυνος της τιμής των μετοχών είναι ο κίνδυνος που συνδέεται με την αστάθεια των τιμών των μετοχών. Ο γενικός κίνδυνος της αγοράς (general market risk) των μετοχών είναι ο κίνδυνος που προκύπτει από τις κινήσεις του γενικού επιπέδου των δεικτών της αγοράς και των τιμών, ενώ ο ειδικός κίνδυνος (specific risk) των μετοχών αναφέρεται σε εκείνο το τμήμα της αστάθειας των τιμών των μετοχών που καθορίζεται από τα ειδικά χαρακτηριστικά της επιχείρησης.

Ο κίνδυνος συναλλαγματικών ισοτιμιών αφορά τον κίνδυνο της απρόβλεπτης μεταβολής των συναλλαγματικών ισοτιμιών για στοιχεία του χαρτοφυλακίου συναλλαγών και του τραπεζικού χαρτοφυλακίου που είναι εκφρασμένα σε ξένο νόμισμα.

Ο κίνδυνος της τιμής των εμπορευμάτων διαφέρει σημαντικά από τον κίνδυνο επιτοκίου και τον κίνδυνο συναλλαγματικών ισοτιμιών, δεδομένου ότι τα περισσότερα προϊόντα διαπραγματεύονται σε αγορές στις οποίες η συγκέντρωση της προσφοράς στα χέρια λίγων προμηθευτών μπορεί να μεγεθύνει την αστάθεια των τιμών. Ως αποτέλεσμα, οι τιμές των αγαθών έχουν γενικά υψηλότερη μεταβλητότητα και μεγαλύτερες ασυνέχειες της τιμής σε σχέση με τα περισσότερα διαπραγματεύσιμα χρεόγραφα¹.

2.1.2. Πιστωτικός Κίνδυνος (Credit Risk)

Ο πιστωτικός κίνδυνος ορίζεται ως ο κίνδυνος εμφάνισης ζημιών λόγω αθέτησης των υποχρεώσεων των πιστούχων της τράπεζας. Ο πιστωτικός κίνδυνος περιλαμβάνει τρεις διαφορετικές συνιστώσες κινδύνου: τον κίνδυνο αθέτησης (default risk), τον κίνδυνο έκθεσης (exposure risk) και τον κίνδυνο ανάκτησης (recovery risk) .

Ο κίνδυνος αθέτησης² υποχρεώσεων αναφέρεται στην πιθανότητα οι πιστούχοι της τράπεζας να αθετήσουν τις αναγραφόμενες στο συμβόλαιο υποχρεώσεις τους, γεγονός που συνήθως προκαλεί επαναδιαπραγμάτευση των όρων του συμβολαίου, ενώ ο κίνδυνος έκθεσης αναφέρεται στο συνολικό ποσό που υπόκειται σε πιστωτικό κίνδυνο. Στην περίπτωση του χαρτοφυλακίου πιστοδοτήσεων, το συνολικό ποσό ταυτίζεται με την ονομαστική αξία των πιστοδοτήσεων. Ο κίνδυνος ανάκτησης αναφέρεται στο ποσοστό ικανοποίησης της τράπεζας από το συνολικό ποσό που είναι εκτεθειμένο σε κίνδυνο στην περίπτωση αθέτησης των υποχρεώσεων του πιστούχου. Στην κατηγορία των πιστωτικών κινδύνων ανήκουν επίσης, ο κίνδυνος χώρας (sovereign risk), που συνδέεται με την αδυναμία αποπληρωμής του δημόσιου χρέους και ο κίνδυνος αντισυμβαλλομένων (counterparty risk), που ορίζεται ως η αθέτηση των υποχρεώσεων, γενικά, του αντισυμβαλλομένου³.

¹ Crouhy, M., Galai, D., and Mark, R. (2006). *The Essentials of Risk Management*. New York: McGraw-Hill

² Καλφάογλου, Φ. (2012). Το Πλαίσιο της Κεφαλαιακής Επάρκειας των Τραπεζών.

³ Συριόπουλος κ. (2000) «Διαχείριση Τραπεζικού κινδύνου»

2.1.3. Λειτουργικός Κίνδυνος (Operational Risk)

Ο λειτουργικός κίνδυνος αναφέρεται στην οικονομική ζημία που προκύπτει από μία σειρά από πιθανές λειτουργικές βλάβες που μπορούμε να σκεφτούμε από την άποψη των κινδύνων των ανθρώπων (people risks), των κινδύνων της διαδικασίας (process risks), και των κινδύνων της τεχνολογίας (technology risks)⁴.

Οι λειτουργικοί κίνδυνοι μπορούν να ταξινομηθούν από αμελητέοι (π.χ., κίνδυνος βλάβης των φωτοτυπικών μηχανημάτων) μέχρι ουσιαστικοί και σημαντικοί (π.χ., κίνδυνος πτώχευσης εξαιτίας του αναποτελεσματικού διαχειριστικού ελέγχου).

2.1.4. Κίνδυνος Ρευστότητας (Liquidity Risk)

Ο κίνδυνος ρευστότητας προκύπτει επειδή τα έσοδα και τα έξοδα δεν είναι συγχρονισμένα. Είναι αποτέλεσμα της ανικανότητας των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων να διαχειριστούν τις μη προγραμματισμένες μειώσεις ή τις μεταβολές των πηγών χρηματοδότησης και της αδυναμία να αναγνωρίσουν ή να αντιμετωπίσουν τις αλλαγές των συνθηκών της αγοράς που επηρεάζουν την ικανότητα του ιδρύματος να ρευστοποιήσει τα περιουσιακά του στοιχεία γρήγορα και με ελάχιστη απώλεια σε αξία. Γενικά, ο κίνδυνος ρευστότητας συνίσταται σε: αδυναμία κάλυψης των ληξιπρόθεσμων υποχρεώσεων του τραπεζικού οργανισμού, αδυναμία άντλησης κεφαλαίων από τον τραπεζικό οργανισμό που μπορεί να οφείλεται στην έλλειψη ρευστότητας στην αγορά ή στην αδυναμία του χρηματοπιστωτικού ιδρύματος να έχει πρόσβαση στις αγορές κεφαλαίων και στην αδυναμία ρευστοποίησης των περιουσιακών στοιχείων της τράπεζας εντός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος⁵.

Ο κίνδυνος ρευστότητας περιλαμβάνει τόσο τον κίνδυνο χρηματοδότησης ρευστότητας (funding liquidity risk) όσο και τον κίνδυνο ρευστότητας θέσεων (asset liquidity risk). Ορίζουμε τον κίνδυνο χρηματοδότησης ρευστότητας ως την πιθανότητα, κατά την διάρκεια ενός συγκεκριμένου χρονικού ορίζοντα, η τράπεζα να μην μπορεί να διευθετήσει τις υποχρεώσεις της με αμεσότητα. Ο κίνδυνος ρευστότητας θέσεων, που συχνά ονομάζεται απλά κίνδυνος ρευστότητας, είναι ο κίνδυνος όταν ένα ίδρυμα δεν είναι σε θέση να εκτελέσει μία συναλλαγή με την

⁴ Crouhy, M., Galai, D., and Mark, R. (2006). *The Essentials of Risk Management*. New York: McGraw-Hill

⁵ Συριόπουλος κ. (2000) «Διαχείριση Τραπεζικού κινδύνου»

επικρατούσα τιμή της αγοράς, διότι δεν υπάρχει προσωρινά καμία διάθεση για συμφωνία από την άλλη μεριά της αγοράς.

2.2. Διαχείριση Κινδύνου

Κάθε χρηματοπιστωτικό ίδρυμα, έρχεται αντιμέτωπο με διάφορα είδη κινδύνων και για αυτό το λόγο γεννάται η ανάγκη για την αποτίμησή τους και την διαχείρισή τους.

Η αστάθεια στις διεθνείς χρηματοοικονομικές αγορές τις τελευταίες δεκαετίες συνδέεται με αρκετές καταρρεύσεις χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων (Lehman Brothers, Barings, κ.λπ.) στρέφοντας το ενδιαφέρον στη διαχείριση κινδύνων.

Η διαχείριση κινδύνου αποσκοπεί στην λήψη αφενός προληπτικών μέτρων και αφετέρου παρέμβαση σε μη ανατρέψιμες καταστάσεις. Ως αρχικό σκοπό δεν έχει την αποφυγή κινδύνου αλλά την ελαχιστοποίηση του. Στόχος είναι η ποσοτικοποίηση του κινδύνου, έτσι ώστε δίνοντας μία τιμή σ αυτόν , να αποφασίσουμε αν θα πάρουμε το ρίσκο να τον αναλάβουμε.

Η διαχείριση κινδύνου αποτελείται από τέσσερα βασικά στάδια:

- Την αναγνώριση των κινδύνων στους οποίους μπορεί να εκτεθεί η επιχείρηση.
- Στην μέτρηση αυτών των κινδύνων και εν συνεχεία στην ταξινόμησή τους και την αξιολόγηση των συνεπειών τους.
- Στη διαδικασία ελέγχου αυτών των κινδύνων.
- Τέλος, σε μία διαδικασία ανασκόπησης και κριτικής των διαδικασιών του ελέγχου.

Η αλματώδης τεχνολογική πρόοδος, η χαλάρωση του κανονιστικού πλαισίου αλλά και οι θεσμικές αλλαγές στους οργανισμούς, αποτέλεσαν σημαντικές αλλαγές για το διεθνές χρηματοπιστωτικό σύστημα, σε ότι αφορούσε τις νομισματικές και συναλλαγματικές πολιτικές και οδήγησαν σταδιακά στην γιγάντωση του. Ο ελλιπής έλεγχος της φερεγγυότητας των συνδιαλεγόμενων αποτέλεσε την απαρχή της κρίσης, με αποκορύφωμα την κατάρρευση το 2007 και την στοχοποίηση των παράγωγων χρηματοοικονομικών προϊόντων.

Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, την ανάγκη για αυστηρότερο έλεγχο και ορθή διαχείριση των κινδύνων. Η ανάγκη για την γρήγορη πρόληψη ενός οργανισμού που οδηγείται σε καταστάσεις αφερεγγυότητας συνέβαλε στην αύξηση της επίβλεψης των τραπεζών

και των λοιπών χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων, με την αναπροσαρμογή των απαιτήσεων κεφαλαιακής επάρκειας και την ανάπτυξη εργαλείων διαχείρισης χρηματοοικονομικών κινδύνων.

3. ΚΕΦΑΛΑΙΑΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΤΡΑΠΕΖΩΝ

Οι νέες τάσεις που δημιουργήθηκαν στις παγκόσμιες αγορές δημιούργησαν την ανάγκη για αυξημένη επιτήρηση και έλεγχο. Οι μεγάλες διακυμάνσεις των τιμών των χρηματοοικονομικών μέσων που εμφανίστηκαν τη δεκαετία του 1980 είχαν σημαντικές επιπτώσεις στην αγοραία αξία των κεφαλαίων των τραπεζών και έτσι κατέστη αναγκαίο να υπάρξει ένα διεθνές αποδεκτό πλαίσιο κεφαλαιακής επάρκειας με στόχο την ενδυνάμωση της κεφαλαιακής βάσης και τη χρηματοπιστωτική σταθερότητα.

Το 1974, οι Διοικητές των Κεντρικών Τραπεζών των κρατών-μελών της «G-10» προχώρησαν στη σύσταση της Επιτροπής της Βασιλείας (Basel Committee). Η Επιτροπή της Βασιλείας δρα ως ένα ανεπίσημο ελεύθερο όργανο, το οποίο διατυπώνει γενικά εποπτικά πρότυπα και προτείνει λύσεις πολιτικής, που προσβλέπουν στη διαμόρφωση γενικών εποπτικών κατευθύνσεων και βέλτιστων πρακτικών.

Συγκεκριμένα, η διαχείριση του χρηματοοικονομικού κινδύνου προσδιορίστηκε από την Επιτροπή της Βασιλείας ως αποτέλεσμα τεσσάρων διαδικασιών ⁶:

- Κατάταξη γεγονότων σε μία ή περισσότερες κατηγορίες κινδύνων.
- Εκτίμηση κινδύνων με χρήση δεδομένων και μοντέλων κινδύνου.
- Αναφορά των παραπάνω εκτιμήσεων σε τακτά χρονικά διαστήματα.
- Έλεγχος και Εποπτεία των αναφορών από την Διοίκηση.

3.1. Βασιλεία I

Ο σημαντικότερος παράγοντας για την Διαχείριση Κινδύνων που τέθηκε από τις Εποπτικές Αρχές είναι η Κεφαλαιακή Επάρκεια που στοχεύει να θέσει ελάχιστο

⁶ Linsmeier, T.J., Pearson, N.D., (2000). "Risk Measurement: An Introduction to Value at Risk" Financial Analysts Journal, 2000

επίπεδο ίδιων κεφαλαίων ενός χρηματοπιστωτικού ιδρύματος, σε σχέση με τον αναλαμβανόμενο πιστωτικό κίνδυνο.

Ορίζονται δύο δείκτες, ο Δείκτης Κεφαλαιακής Επάρκειας (Capital Adequacy Ratio – CAR) και ο Δείκτης Πρωτογενούς Κεφαλαίου (Tier I Ratio). Συγκεκριμένα, ο CAR υπολογίζεται ως ο λόγος των ίδιων κεφαλαίων του χρηματοπιστωτικού ιδρύματος, προς το άθροισμα των στοιχείων του ενεργητικού και των εκτός ισολογισμού στοιχείων σταθμισμένων ως προς τον πιστωτικό κίνδυνο (Risk Adjusted Assets - RAA). Ο αριθμητής του CAR, το κεφάλαιο, διακρίνεται σε δύο κατηγορίες. Το βασικό κεφάλαιο (Tier I) και τα λοιπά ίδια κεφάλαια (Tier II) με δεδομένο ότι το πρώτο θα είναι τουλάχιστον το 50% του αθροίσματος και των δύο. Ο Δείκτης Πρωτογενούς Κεφαλαίου έχει ως αριθμητή το βασικό κεφάλαιο (Tier I) και ως παρονομαστή αυτόν του CAR. Το σύμφωνο της Βασιλείας καθιέρωσε την ελάχιστη τιμή του Δείκτη Κεφαλαιακής Επάρκειας στο 8%, εναρμονίζοντας έτσι για πρώτη φορά το διεθνές εποπτικό σύστημα.

3.2. Βασιλεία II

Σε μία προσπάθεια να διορθωθούν οι ατέλειες του Συμφώνου της Βασιλείας I, η Επιτροπή της Βασιλείας το 1999 δημοσίευσε μία αναθεωρημένη πρόταση για ένα νέο πλαίσιο κεφαλαιακής επάρκειας που θα αντικαθιστούσε το αρχικό. Η Βασιλεία II εστιάζει στο πρόβλημα επιλογής μεταξύ της ανάγκης για σταθερότητα του τραπεζικού συστήματος και της μεγιστοποίησης των κερδών, η οποία συνεπάγεται και ανάληψη υψηλότερων κινδύνων. Οι βασικοί στόχοι του νέου Συμφώνου συνίστανται στην απόδοση έμφασης στην εποπτική εξέταση και στη διαφάνεια της αγοράς, αλλά και την σταδιακή σύγκλιση του ύψους των εποπτικών ίδιων κεφαλαίων, σε σχέση με το οικονομικό κεφάλαιο, μέσω της αναγνώρισης από τις εποπτικές αρχές της αποτίμησης του κινδύνου. Συγκεκριμένα, οι προτάσεις της Βασιλείας II διακρίνονται σε τρεις θεματικές ενότητες, τις οποίες ονομάζουμε *Πυλώνες (Pillars)*, και συμβάλλουν στην ασφάλεια και την ευρωστία του χρηματοπιστωτικού συστήματος.

Πυλώνας I: Αφορά τις μεθόδους προσδιορισμού των κεφαλαιακών απαιτήσεων έναντι των κινδύνων που τα πιστωτικά ιδρύματα κατά κανόνα αντιμετωπίζουν στο

πλαίσιο της άσκησης των δραστηριοτήτων τους και επίσης καθιερώνονται κεφαλαιακές απαιτήσεις και για το λειτουργικό κίνδυνο.

Πυλώνας II: Αφορά τις αρχές, τα κριτήρια και τη διαδικασία με την οποία καταρχάς τα ίδια τα πιστωτικά ιδρύματα και κατ' ακολουθία η εποπτική αρχή αξιολογούν την επάρκεια των κεφαλαίων και των συστημάτων διαχείρισης κινδύνων κάθε πιστωτικού ιδρύματος χωριστά, σε σχέση με τους πάσης φύσεως κινδύνους στους οποίους αυτό εκτίθεται ή ενδέχεται να εκτεθεί, πέραν από εκείνους που αντιμετωπίζονται στον Πυλώνα 1.

Πυλώνας III: Αφορά τις υποχρεώσεις δημοσιοποίησης στοιχείων για την ενίσχυση της διαφάνειας και της πειθαρχίας της αγοράς με την παροχή στους ενδιαφερόμενους της δυνατότητας σύγκρισης τόσο της πολιτικής για τη διαχείριση κινδύνων, της κεφαλαιακής και οργανωτικής επάρκειας των πιστωτικών ιδρυμάτων, παρέχοντας έτσι κίνητρο για την βελτίωσή τους, όσο και των μεθόδων και των πρακτικών που εφαρμόζουν οι εποπτικές αρχές.

3.3. Βασιλεία III

Η εφαρμογή του Συμφώνου της Βασιλείας II συνέπεσε χρονικά με τη χρηματοπιστωτική κρίση του 2007-2008, με αποτέλεσμα να μην έχει προηγηθεί επαρκής έλεγχος για τη δυνατότητα του συμφώνου να αμβλύνει τις επιπτώσεις μίας οικονομικής κρίσης. Παράλληλα, έγινε αντιληπτό ότι ορισμένες κατηγορίες κεφαλαίων, που συμπεριλαμβάνονται στα εποπτικά, αδυνατούν να καλύψουν τις ενδεχόμενες ζημίες.

Το πλαίσιο της *Βασιλείας III* λειτουργεί ρυθμιστικά από το 2013 μέχρι και σήμερα και στηρίζεται στους ίδιους πυλώνες που αναλύθηκαν και στο πλαίσιο της *Βασιλείας II*, με σκοπό την σταδιακή προσαρμογή των τραπεζών μέχρι την αρχή του 2019.

Τον κορμό της *Βασιλείας III* αποτελούν δύο σημαντικές εκθέσεις της Επιτροπής της Βασιλείας⁷ :

⁷ Basel Committee on Banking Supervision, 2010, Base III: A global regulatory framework for more resilient banks and banking system

- *Basel III: A global regulatory framework for more resilient banks and banking systems*
- *Basel III: International Framework for liquidity risk measurement, standards and monitoring*

Οι παραπάνω εκθέσεις αποτελούν το νέο κανονιστικό πλαίσιο του χρηματοπιστωτικού τομέα και την απάντηση της Επιτροπής στα σφάλματα που ανάδειξε η κρίση των τελευταίων ετών. Με τις δύο αυτές εκθέσεις η Επιτροπή προβαίνει σε αναθεώρηση και τροποποίηση των υφιστάμενων κανόνων, αλλά και σε εισαγωγή νέων, κυρίως όσον αφορά την μακροπροληπτική εποπτεία, η οποία εστιάζει στην χρηματοοικονομική σταθερότητα.

Η Βασιλεία I αρχικά, η Βασιλεία II και η τροποποίηση αυτής με την Βασιλεία III κατόπιν, αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση προστασίας των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων σε παγκόσμιο επίπεδο⁸.

4. ΑΞΙΑ ΣΕ ΚΙΝΔΥΝΟ - VALUE AT RISK

Τα πιστωτικά ιδρύματα έχουν τη δυνατότητα να υπολογίσουν τα απαιτούμενα κεφάλαια για την κάλυψη από τον κίνδυνο αγοράς είτε χρησιμοποιώντας τυποποιημένες μεθόδους είτε εσωτερικά μοντέλα. Οι τυποποιημένες μέθοδοι, βασίζονται σε εκτιμήσεις ελεγκτικών αρχών για το επίπεδο κινδύνου, ενώ οι τράπεζες, οι οποίες χρησιμοποιούν εσωτερικά μοντέλα καλούνται να προσδιορίσουν το επίπεδο κινδύνου με δικές τους εκτιμήσεις.

Το κεφάλαιο αυτό επικεντρώνεται εξ ολοκλήρου στο εργαλείο διαχείρισης κινδύνων που κατά πλειοψηφία χρησιμοποιείται από το χρηματοπιστωτικά ιδρύματα στην προσπάθειά τους να εκτιμήσουν και να διαχειριστούν τον κίνδυνο του επενδυτικού τους χαρτοφυλακίου, την Αξία σε Κίνδυνο (VaR).

⁸ Τράπεζα της Ελλάδος (2016) Κεφαλαιακή Επάρκεια (Βασιλεία II).

4.1. Ορισμός του VaR

Κάθε επένδυση έχει και μία αναμενόμενη απόδοση, όμως η επένδυση μπορεί εν τέλει να μην πραγματοποιήσει αυτή την αναμενόμενη απόδοση. Αυτό συμβαίνει γιατί, οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση δεν έχουν μία βέβαια εξέλιξη, δηλαδή υπάρχει αβεβαιότητα, υπάρχει κίνδυνος.

Ήδη από τα τελευταία χρόνια της δεκαετίας του 1980, με αφορμή το πλαίσιο της Βασιλείας, έγιναν οι πρώτες προσπάθειες ποσοτικοποίησης των κινδύνων, και ιδιαίτερα του κινδύνου αγοράς. Το 1994 η *J.P. Morgan* με την γνωστοποίηση της εφαρμογής *RiskMetrics* καθιέρωσε μία νέα μέθοδο εκτίμησης χρηματοοικονομικών κινδύνων χρησιμοποιούσε ως μέτρο κινδύνου την αξία σε κίνδυνο (Value at Risk)⁹.

Στόχος του VaR είναι να παρέχει μία ευέλικτη και αμερόληπτη αξιολόγηση των κινδύνων του χαρτοφυλακίου διαχρονικά, έτσι ώστε τα ανώτερα διευθυντικά στελέχη να έχουν τη δυνατότητα να αναλύσουν όλους τους κινδύνους και να πάρουν στρατηγικές αποφάσεις με βάση τον κίνδυνο.

Με τη μέθοδο VaR μετράται, κάτω από κανονικές συνθήκες στην αγορά, η μέγιστη πιθανή ζημία και κατά συνέπεια η μείωση (ζημία) της αξίας ενός χαρτοφυλακίου ή η μείωση της αξίας (καθαρής θέσης) ενός χρηματοοικονομικού οργανισμού, για δεδομένο χρονικό ορίζοντα ή για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο και εντός συγκεκριμένου διαστήματος στατιστικής εμπιστοσύνης (δηλαδή με προεπιλεγμένη πιθανότητα).

Η μεθοδολογία του VaR συμπληρώνεται από δύο επιπλέον διαδικασίες, το StressTesting και το BackTesting. Με την πρώτη διαδικασία ελέγχουμε τη συμπεριφορά του υπό εξέταση χαρτοφυλακίου κάτω από ακραία και δυσμενή μακροοικονομικά σενάρια, ενώ με την δεύτερη επαληθεύεται η ορθότητα του VaR η οποία υπολογίζεται.

⁹ J.P. Morgan / Reuters (1996) «*RiskMetrics, Technical Document*», 4th Edition, J.P. Morgan & Co, New York.

4.2. Παράμετροι του VaR

Με βάση τον ορισμό του VaR, πριν προχωρήσουμε στον ακριβή υπολογισμό της, πρέπει να γίνει μία σειρά υποθέσεων που αφορά τρεις βασικές παραμέτρους¹⁰ :

- Το χρονικό ορίζοντα
- Το επίπεδο εμπιστοσύνης
- Το «παράθυρο δεδομένων»

Χρονικός Ορίζοντας

Η επιλογή του χρονικού ορίζοντα εξαρτάται από το είδος και τους στόχους της επενδυτικής θέσης, καθώς και τη ρευστότητα των τίτλων αυτής. Εξαρτάται πρακτικά από τη συχνότητα αναπροσαρμογών της θέσης. Συνήθως, το VaR υπολογίζεται για μία ημέρα..

Επίπεδο Εμπιστοσύνης

Το επίπεδο εμπιστοσύνης συνήθως λαμβάνει τιμές στατιστικής σημαντικότητας 90%, 95%, 98% και 99%. Καθορίζει το ποσοστό των περιπτώσεων κατά τις οποίες δεν θα έχουμε ζημίες πάνω από το ποσό που καταδεικνύει το VaR. Η επιλογή του διαστήματος εμπιστοσύνης είναι ενδεικτική της στάσης κάθε οργανισμού απέναντι στον κίνδυνο. Όσο μεγαλύτερο επίπεδο εμπιστοσύνης επιλέξουμε, τόσο ελαττώνεται η πιθανότητα το VaR να αποτύχει να προβλέψει ακραία φαινόμενα.

«Παράθυρο Δεδομένων»

Το «παράθυρο δεδομένων» αφορά την χρονική περίοδο που καλύπτει το δείγμα των δεδομένων. Ο υπολογισμός του VaR αποτελεί σημαντική υπόθεση και απαιτεί αρκετό όγκο δεδομένων, ιστορικών ή πραγματικών. Η χρήση ιστορικών δεδομένων είναι περισσότερο δημοφιλής γιατί τα πραγματικά στοιχεία, παρόλο που δίνουν σαφώς καλύτερες εκτιμήσεις, είναι περιορισμένα σε διαθεσιμότητα.

4.3. Πλεονεκτήματα του VaR

¹⁰ Linsmeier, T.J., Pearson, N.D., (2000). "Risk Measurement: An Introduction to Value at Risk" Financial Analysts Journal, 2000

Η μέθοδος VaR χρησιμοποιείται ευρύτατα τα τελευταία χρόνια από εμπορικές και επενδυτικές τράπεζες, ασφαλιστικές εταιρείες και λοιπούς χρηματοοικονομικούς οργανισμούς, οι οποίοι κατέχουν χαρτοφυλάκια περιουσιακών στοιχείων που περιλαμβάνουν μετοχές, ομόλογα, νομίσματα και παράγωγα προϊόντα. Προσφέρει σε καθένα από τα παραπάνω ιδρύματα μία ένδειξη σχετικά με τις μέγιστες αναμενόμενες ζημιές του χαρτοφυλακίου τους, για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Βοηθά έτσι τους διαχειριστές των χαρτοφυλακίων αυτών να αποφασίσουν πώς θα ανακατανεύμουν τα ποσοστά συμμετοχής των περιουσιακών στοιχείων στα χαρτοφυλάκια τους, με σκοπό την επίτευξη ενός επιθυμητού επιπέδου κινδύνου.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το VaR είναι τα ακόλουθα :

- Διαχείριση πληροφόρησης. Οι πληροφορίες που παρέχει η συγκεκριμένη προσέγγιση, χαρακτηρίζονται από απλότητα και σαφήνεια και μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις ρυθμιστικές αρχές, τους διευθυντές εταιρειών και οργανισμών, καθώς και από εσωτερικούς και εξωτερικούς ελεγκτές
- Καθορισμός ορίων διαπραγμάτευσης. Οι τράπεζες μπορούν να καθορίσουν όρια στους διαπραγματευτές συναλλάγματος και χρεογράφων σε όρους του VaR, επιπρόσθετα στο σύστημα οριοθέτησης των θέσεων που ισχύει παραδοσιακά. Επιπλέον, με τη χρήση του VaR είναι δυνατή η σύγκριση θέσεων σε διαφορετικές αγορές ή προϊόντα σε καθημερινή, μηνιαία ή ετήσια βάση.
- Ανίχνευση της σχέσης κινδύνου-απόδοσης ενός χαρτοφυλακίου με βάση ένα δείκτη αναφοράς. Υπολογίζοντας το VaR ενός δείκτη από τα συστατικά του μέρη, είναι δυνατή η σύγκρισή του με το VaR ενός οποιουδήποτε χαρτοφυλακίου επενδύσεων.
- Εναρμόνιση με τις αποφάσεις των ρυθμιστικών αρχών. Τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα θα πρέπει να εναρμονίσουν τις πρακτικές τους με τις απαιτήσεις κεφαλαιακής επάρκειας και τη δημοσιοποίηση των κινδύνων που λαμβάνουν, όπως ορίζουν οι διάφορες ρυθμιστικές αρχές. Το VaR, με την ανάλυση και την ποσοτική πληροφόρηση που παρέχει σχετικά με τους κινδύνους αγοράς των χρηματοοικονομικών εργαλείων, αποτελεί σημαντικό βοήθημα προς την κατεύθυνση αυτή¹¹.

¹¹ Καινούριος Δ., (2002), Value at risk (VAR) μεθοδολογία εκτίμησης του κινδύνου αγοράς και VAR παράγωγα εργαλεία.

4.4. Μειονεκτήματα του VaR

Ωστόσο, η προσέγγιση VaR χαρακτηρίζεται και από κάποια μειονεκτήματα ή αδυναμίες.

- Το σημαντικότερο πρόβλημα είναι ότι το VaR μπορεί να προσφέρει υποεκτιμημένα αποτελέσματα, εάν οι αποδόσεις ενός περιουσιακού στοιχείου ή ενός χαρτοφυλακίου ξαφνικά μεταβληθούν κατά μη προβλέψιμο τρόπο, λόγω μίας δομικής αλλαγής της υποκείμενης οικονομίας μίας χώρας.
- Το VaR υπολογίζει τη μέγιστη ζημία, που μπορεί να αναμένει ένας οργανισμός μία δεδομένη χρονική περίοδο, κατά τη διάρκεια ενός προκαθορισμένου χρονικού ορίζοντα. Οι ζημίες υπολογίζονται υποθέτοντας ότι τα περιουσιακά στοιχεία μπορούν να πωληθούν στις τρέχουσες αγοραίες τιμές. Ωστόσο, αν ο οργανισμός έχει στην κατοχή της σε μεγάλο βαθμό μη ρευστοποιήσιμα στοιχεία, τα οποία δεν μεταπωλούνται γρήγορα, το VaR μπορεί να υποεκτιμήσει τις πραγματικές ζημίες, αφού τα στοιχεία ίσως να πωληθούν με έκπτωση.
- Ένα ακόμα δυνητικό πρόβλημα του VaR είναι ότι οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των περιουσιακών στοιχείων σε ένα χαρτοφυλάκιο ίσως δεν μεταχειρίζονται με κατάλληλο τρόπο τον πιστωτικό κίνδυνο. Αυτό μπορεί να συμβεί σε ένα χαρτοφυλάκιο παραγώγων, όπου τόσο η μεθοδολογία των Black-Scholes για τον υπολογισμό των παραγόντων κινδύνου, όσο και η προσομοίωση Monte Carlo υποθέτουν την ανυπαρξία πιστωτικού κινδύνου των παραγώγων.
- Τέλος, η κυριότερη αρνητική κριτική για το VaR είναι ότι η κατανομή των αποδόσεων, σε πολλές περιπτώσεις, δεν είναι κανονική. Παρατηρείται, μάλιστα, ότι οι αποδόσεις δεικτών, μετοχών και συναλλάγματος εμφανίζουν παχιές ουρές (fat tails), ενώ η κατανομή των παραγώγων προϊόντων, όπως τα δικαιώματα προαίρεσης (options), καθώς και των δανείων παρουσιάζει μεγάλη ασυμμετρία. Αυτό σημαίνει ότι μεγάλες διακυμάνσεις στην αγορά συμβαίνουν πολύ συχνότερα απ' ό,τι προβλέπει η κανονική κατανομή.

5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ VaR

5.1. Μέθοδοι Υπολογισμού Του VaR

Οι πιο κοινές μέθοδοι υπολογισμού του VaR είναι:

- η μέθοδος διακύμανσης / συνδιακύμανσης (Variance/Covariance VaR)
- η μέθοδος ιστορικής προσομοίωσης (Historical Simulation Method) και
- η μέθοδος προσομοίωσης Monte Carlo (Monte Carlo Simulation Method).

Η μέθοδος της Διακύμανσης/Συνδιακύμανσης και η Μέθοδος Προσομοίωσης Monte Carlo, ανήκουν στην κατηγορία των παραμετρικών προσεγγίσεων, διότι για τη χρησιμοποίησή τους απαιτείται η εκ των προτέρων γνώση ή υπόθεση της κατανομής πιθανοτήτων που ακολουθούν οι αποδόσεις των χρηματοοικονομικών προϊόντων. Από την άλλη μεριά η Μέθοδος της Ιστορικής Προσομοίωσης (Historical Simulation), ανήκει στην κατηγορία των μη παραμετρικών προσεγγίσεων αποτίμησης του κινδύνου, επειδή η χρήση της δεν απαιτεί ανάλογες υποθέσεις.

Οι παραμετρικές μέθοδοι είναι απλές στην εφαρμογή τους και πολύ χρήσιμες όταν οι αποδόσεις ακολουθούν την κανονική κατανομή, αλλά δεν είναι κατάλληλες όταν υπάρχουν μη κανονικότητες όπως ασυμμετρία ή κύρτωση. Η μέθοδος ιστορικής προσομοίωσης μετρά με ακρίβεια τις παρελθοντικές αποδόσεις, αλλά μπορεί να είναι μία κακή εκτιμήτρια των μελλοντικών αποδόσεων αν η αγορά έχει μετατοπιστεί, ενώ η προσέγγιση Monte Carlo έχει το πλεονέκτημα της αύξησης του αριθμού των παρατηρήσεων, αλλά μπορεί να είναι χρονοβόρα για να εφαρμοστεί¹².

5.1.1. Η μέθοδος Διακύμανσης / Συνδιακύμανσης (Variance/Covariance VaR)

Αυτή η μέθοδος είναι η απλούστερη από όλες τις υπόλοιπες όσον αφορά στον υπολογισμό της. Στηρίζεται στην υπόθεση της κανονικής κατανομής των αποδόσεων

¹² Cheung, Y. H., and Powell, R. J. (2012(β)). Anybody can do Value at Risk: A Teaching Study using Parametric Computation and Monte Carlo Simulation

των στοιχείων του χαρτοφυλακίου κάτι το οποίο δεν ισχύει απαραίτητα. Η συγκεκριμένη μέθοδος στηρίζεται στην ανάλυση ιστορικών χρονολογικών σειρών ώστε να παράγει εκτιμήσεις της τυπικής απόκλισης (standard deviation) και των συντελεστών συσχέτισης (correlation coefficients) των στοιχείων του τραπεζικού χαρτοφυλακίου. Πρέπει να επισημάνουμε, όμως δύο από τα βασικότερα μειονεκτήματα της. Αρχικά, η μέθοδος αυτή υποθέτει ότι, οι αποδόσεις των χρηματοοικονομικών προϊόντων κατανέμονται κανονικά, ενώ στην πραγματικότητα πολλές φορές κατανέμονται ασύμμετρα λόγω της συχνής εμφάνισης ακραίων τιμών. Η δεύτερη αδυναμία που έχει αυτή η μέθοδος, είναι η υπόθεση της γραμμικότητας, διότι δεν καταφέρνει να μετρήσει σε ικανοποιητικό βαθμό τον κίνδυνο που προέρχεται από τα μη γραμμικά στοιχεία ενός χαρτοφυλακίου, όπως είναι τα παράγωγα.

5.1.2. Η μέθοδος ιστορικής προσομοίωσης (Historical simulation method)

Μία μη παραμετρική μέθοδος, που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του VaR ενός χαρτοφυλακίου, είναι η ιστορική μέθοδος προσομοίωσης (Historical Simulation Method). Η μέθοδος αυτή βασίζεται σε ιστορικές αποδόσεις των συστατικών ενός χαρτοφυλακίου για τον υπολογισμό των ιστορικών αποδόσεων του χαρτοφυλακίου.

Πιο συγκεκριμένα η μέθοδος ιστορικής προσομοίωσης συνιστάται στα ακόλουθα:

- Συλλογή ιστορικών αποδόσεων των συστατικών του χαρτοφυλακίου.
- Χρησιμοποίηση των ιστορικών δεδομένων για τον υπολογισμό των ιστορικών αποδόσεων του χαρτοφυλακίου και της ιστορικής κατανομής των αποδόσεων του χαρτοφυλακίου.
- Εκτίμηση VaR με τη χρήση ιστορικών αποδόσεων του χαρτοφυλακίου.

Είναι σημαντικό να επισημάνουμε, ότι η βασικότερη παραδοχή που γίνεται όταν χρησιμοποιούμε την ιστορική προσομοίωση είναι ότι οι μελλοντικές αποδόσεις θα συνεχίσουν να συμπεριφέρονται όπως οι ιστορικές αποδόσεις.

Η μέθοδος Ιστορικής Προσομοίωσης παρουσιάζει μία σειρά σημαντικών πλεονεκτημάτων, τα οποία παρατίθενται στη συνέχεια:

- Είναι εύκολη στην υλοποίηση.
- Δεν πραγματοποιείται καμία υπόθεση σχετικά με την στατιστική κατανομή.
- Δεν χρειάζεται να υπολογίσουμε διασπορές και συνδιασπορές των αποδόσεων.
- Είναι άμεσα εφαρμόσιμη σε κάθε χρεόγραφο ή χαρτοφυλάκιο.

Ταυτόχρονα, παρουσιάζει και μειονεκτήματα, τα οποία αφορούν κυρίως τα ιστορικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση. Τα βασικά μειονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου παρατίθενται στη συνέχεια:

- Χρειαζόμαστε αρκετά μεγάλη ιστορικότητα για να έχουμε αξιόπιστα αποτελέσματα.
- Ο υπολογισμός του VaR μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά εάν τα ιστορικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται ενσωματώνουν ένα ιδιαίτερα αρνητικό γεγονός, όπως ένα αναπάντεχο σημαντικό χρηματιστηριακό κραχ
- Απαιτείται ο κατάλληλος προσδιορισμός του πλήθους των ιστορικών δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν. Από τη μία πλευρά, όσο αυξάνεται το πλήθος των δεδομένων, είναι δυνατή η πραγματοποίηση εκτιμήσεων υψηλότερης ακρίβειας. Ταυτόχρονα όμως, όταν το πλήθος των δεδομένων είναι μεγάλο υπάρχει ο κίνδυνος τα παλαιότερα στοιχεία να επιβληθούν στον υπολογισμό του VaR, εξουδετερώνοντας ουσιαστικά τις πληροφορίες που παρέχουν οι πιο πρόσφατες παρατηρήσεις
- Η χρησιμοποίηση της ιστορικής προσομοίωσης για τον υπολογισμό του VaR σε χρονικές περιόδους μεγαλύτερες της μίας ημέρας παρουσιάζει δυσκολίες όσον αφορά τον όγκο των ιστορικών δεδομένων που απαιτούνται.

5.1.3. Η μέθοδος προσομοίωσης Monte Carlo (Monte Carlo simulation method).

Στην προσομοίωση Monte Carlo, σκοπός μας είναι να προσομοιώσουμε τη στοχαστική διαδικασία που διέπει την εξέλιξη των τιμών των συστατικών του χαρτοφυλακίου. Είναι ουσιαστικά ένα σύνολο υπολογιστικών αλγορίθμων και στηρίζεται στην επαναλαμβανόμενη και τυχαία δειγματοληψία για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων της. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να υπολογίσουμε τη μελλοντική αξία του χαρτοφυλακίου μας. Εφόσον αυτό επαναληφθεί πολλές φορές

είναι εφικτή η δημιουργία της μελλοντικής αξίας του χαρτοφυλακίου και ο υπολογισμός του VaR.

Τα βήματα που ακολουθούμε για την διαδικασία προσομοίωσης Monte Carlo είναι :

- Αποφασίζουμε ποιες στοχαστικές διαδικασίες θα χρησιμοποιήσουμε για να προσομοιώσουμε την εξέλιξη των τιμών.
- Χωρίζουμε τον χρονικό ορίζοντα της πρόβλεψης VaR σε ίσα διαδοχικά χρονικά διαστήματα.
- Εφαρμόζουμε τις στοχαστικές διαδικασίες για κάθε ένα από τα χρονικά διαστήματα. Έτσι υπολογίζουμε την τιμή του προϊόντος στο τέλος του χρονικού ορίζοντα υπολογισμού του VaR.
- Επαναλαμβάνουμε το προηγούμενο βήμα πολλές φορές.
- Χρησιμοποιούμε τις αξίες του χαρτοφυλακίου που προέκυψαν από τις επαναλήψεις για την κατασκευή της κατανομής της μελλοντικής αξίας του χαρτοφυλακίου.
- Υπολογίζουμε το VaR με την βοήθεια της κατανομής της μελλοντικής αξίας που κατασκευάσαμε στο προηγούμενο βήμα.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου Monte Carlo έχουν ως εξής:

- Δεν χρειάζεται κάποια υπόθεση για την κατανομή των παραγόντων κινδύνου.
- Δεν χρειάζεται η εκτίμηση της μεταβλητότητας και των συσχετίσεων, καθώς αυτές λαμβάνονται από τις καθημερινές πραγματοποιήσεις των παραγόντων κινδύνου.
- Ακραία γεγονότα, όπως και κατανομές που εμφανίζουν το πρόβλημα των παχιών ουρών (fat tail) , συλλαμβάνονται όταν περιλαμβάνονται στα δεδομένα.
- Επιτρέπεται ο υπολογισμός διαστήματος εμπιστοσύνης για το VaR.

Η μέθοδος προσομοίωσης Monte Carlo παρουσιάζει όμως και μία σειρά σημαντικών μειονεκτημάτων, τα οποία παρατίθενται στη συνέχεια:

- Η εφαρμογή της προϋποθέτει μεγάλη υπολογιστική ισχύ, λόγω του όγκου των προσομοιώσεων που πραγματοποιούνται.
- Μικρού μεγέθους δεδομένα μπορεί να οδηγήσουν σε μεροληπτική και μη ακριβή εκτίμηση το VaR.

5.2. Συγκριτική Ανάλυση Των Βασικών Μεθόδων Υπολογισμού Του VaR

Δεν υπάρχει εύκολη απάντηση για το ποια μέθοδος είναι η καλύτερη. Ο επενδυτής ή ο διαχειριστής κινδύνου πρέπει να εξετάσει τη σύνθεση του χαρτοφυλακίου του και στη συνέχεια να επιλέξει την κατάλληλη μέθοδο. Είναι χρήσιμο να αναλυθούν τα ιστορικά δεδομένα για να δούμε την κατανομή των αποδόσεων και να δούμε ποια προσέγγιση μπορεί ή δεν μπορεί να εφαρμοστεί :

Έτσι λοιπόν μπορούν να προκύψουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Η ιστορική προσομοίωση σε αντίθεση με τις άλλες δύο , μπορεί να γίνει πιο εύκολα κατανοητή και να παρουσιαστεί στους ανωτέρω διοικητές. Αντιθέτως, η μέθοδος Διακύμανσης/ Συνδιακύμανσης απαιτεί καλή τεχνική γνώση, καθώς τα μαθηματικά για τον υπολογισμό του VaR είναι πολύπλοκα. Τέλος, η μέθοδος Monte Carlo, είναι η δυσκολότερη στην παρουσίαση της, διότι απαιτεί εξειδικευμένη γνώση της κατανομής που ερμηνεύει.
- Όσον αφορά την ευκολία στην εφαρμογή , η ιστορική προσομοίωση μπορεί να εφαρμοσθεί σε χαρτοφυλάκια για τα χρεόγραφα των οποίων , υπάρχουν ιστορικά δεδομένα. Η μέθοδος Διακύμανσης/ Συνδιακύμανσης μπορεί να εφαρμοσθεί εύκολα μόνο για τα χαρτοφυλάκια εκείνα που τα χρεόγραφα τους καλύπτονται από τα διαθέσιμα συστήματα. Η προσομοίωσης Monte Carlo, απαιτεί πολύ χρόνο για την εφαρμογή της και ειδικότερα αν τα χαρτοφυλάκια έχουν πολύπλοκες θέσεις.
- Η ιστορική προσομοίωση και η προσομοίωση Monte Carlo μπορούν να υπολογίζουν τους κινδύνου που προέρχονται από μη-γραμμικά χρηματοοικονομικά προϊόντα, όπως τα δικαιώματα προαίρεσης, διότι υπολογίζουν κάθε φορά την αξία του χαρτοφυλακίου για κάθε πιθανό συνδυασμό παραγόντων της αγοράς. Αυτό δεν συμβαίνει όμως και με την προσέγγιση Διακύμανσης / Συνδιακύμανσης , αφού υποθέτει κανονική κατανομή και δεν την ακολουθούν τα δικαιώματα προαίρεσης. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να ανταπεξέλθει μερικώς αν υπολογίζεται χρησιμοποιώντας ένα σύντομο χρονικό διάστημα διακράτησης για χαρτοφυλάκια με περιορισμένο περιεχόμενο σε δικαιώματα.

- Η προσομοίωση Monte Carlo και η προσέγγιση Διακύμανσης / Συνδιακύμανσης επιτρέπει στον αναλυτή να παραβλέψει τις εκτιμήσεις βάσει των ιστορικών δεδομένων και να χρησιμοποιήσει σταθερές παραμέτρους που προτιμά ο ίδιος. Σε αντίθεση με την μέθοδο της ιστορικής προσομοίωσης που δεν υπάρχει ευελιξία στην εισαγωγή εναλλακτικών υποθέσεων, λόγω της άμεσης σχέσης που έχει με τα ιστορικά δεδομένα.
- Πλην της μεθόδου Ιστορικής προσομοίωσης, οι άλλες μέθοδοι απαιτούν συγκεκριμένες υποθέσεις κατανομών για τους παράγοντες της αγοράς. Επίσης, η Ιστορική προσομοίωση και η Διακύμανση-Συνδιακύμανση χρησιμοποιούν διακυμάνσεις και συσχετίσεις, διαδικασία που δεν είναι απαραίτητη για την προσομοίωση Monte Carlo.
- Μία τελευταία σημαντική διάσταση είναι η αξιοπιστία αποτελεσμάτων. Γνωρίζουμε ότι όλες οι μέθοδοι βασίζονται σε ιστορικά δεδομένα. Παρ' όλα αυτά η μέθοδος ιστορικής προσομοίωσης στηρίζεται περισσότερο σ' αυτά. Υπάρχει έτσι κίνδυνος της μη σωστής καταμέτρησης του κινδύνου της αγοράς του χαρτοφυλακίου, εάν οι μεταβολές των τιμών των συστατικών που το επηρεάζουν, είναι κατά τη διάρκεια της περιόδου που εξετάζεται χαμηλές ή υψηλές. Αυτό έχει ως συνέπεια το αποτέλεσμα του VaR να είναι παραπλανητικό εφόσον οι μεταβολές δεν είναι τυπικές, αλλά ακραίες. Παραπλανητικό αποτέλεσμα μπορεί να δώσει και η μέθοδος Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης, εκτός αν χρησιμοποιηθούν εναλλακτικές συσχετίσεις και τυπικές αποκλίσεις. Τέλος, το ίδιο μπορεί να συμβεί και με την προσομοίωση Monte Carlo, εκτός αν χρησιμοποιηθούν εναλλακτικές κατανομές.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, είναι αντιληπτό ότι δεν υπάρχει ξεκάθαρη απάντηση σχετικά με το ποια μέθοδος υπολογισμού του VaR είναι η καλύτερη. Η ιστορική Προσομοίωση και η μέθοδος Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης δίνουν όμοια αποτελέσματα εάν χρησιμοποιήσουμε ιστορικές τιμές ως δεδομένα για τον υπολογισμό του πίνακα διακύμανσης- συνδιακύμανσης και υποτεθεί ότι ακολουθούν την κανονική κατανομή. Αναλόγως, η μέθοδος Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης και η Monte Carlo θα οδηγήσουν σε ταυτόσημα αποτελέσματα, εάν στην δεύτερη υποθέσουμε ότι όλα τα δεδομένα ακολουθούν την κανονική κατανομή, με σταθερές διακυμάνσεις και μέσους. Τέλος, σύγκλιση στα αποτελέσματα της ιστορικής και της Monte Carlo προσομοίωσης παρατηρείται εάν οι αποδόσεις που θα χρησιμοποιηθούν στην δεύτερη βασίζονται απόλυτα σε ιστορικά δεδομένα. Αξίζει να σημειωθεί, ότι το

ίδιο νούμερο, που πιθανώς να δίνει το VaR για δύο διαφορετικούς χρηματοοικονομικούς οργανισμούς, μπορεί να ερμηνευτεί εντελώς διαφορετικά, ανάλογα με το προφίλ κινδύνου και τα κριτήρια επιλογής μεθόδου που θέτει ο κάθε αναλυτής.

5.3 Επανελέγχος – Back-Testing

Η επαλήθευση των υποδειγμάτων αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα για την συστηματική διαχείριση κινδύνου. Το Back-Testing, είναι ένα στατιστικό μεθοδολογικό πλαίσιο, το οποίο επικυρώνει ότι οι πραγματικές ζημίες, που παρατηρούνται, βρίσκονται εντός των ορίων που καθορίζει το εκτιμώμενο VaR.

Η διαδικασία του Back-Testing είναι απαραίτητη για την ορθή διαχείριση του χρηματοοικονομικού κινδύνου, καθώς παρέχει τη δυνατότητα ελέγχου του πραγματικού επιπέδου εμπιστοσύνης του εκτιμώμενου VaR. Αυτό επιτυγχάνεται συγκρίνοντας την ιστορία των προβλέψεων των μέτρων VaR με τις αντίστοιχες αποδόσεις του χαρτοφυλακίου.

Η Επιτροπή της Βασιλείας δίνει μεγάλη βαρύτητα στην τεχνική του Back-Testing θεσπίζοντας ποινές για τα ιδρύματα στα οποία τα μοντέλα υπολογισμού του VaR υποεκτιμούν τον κίνδυνο αγοράς. Για το λόγο αυτό, τα ιδρύματα διενεργούν την διαδικασία του Back-Testing κάθε μήνα ή κάθε τρεις μήνες, ώστε να διαπιστώσουν αν η αξιοπιστία των μοντέλων μέτρησης του VaR που χρησιμοποιούν βρίσκεται εντός των ορίων που έχουν προκαθοριστεί.

6. ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

6.1. Δεδομένα και Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία

Σκοπός αυτής της ενότητας είναι ο υπολογισμός του κινδύνου μέσω της μεθόδου αποτίμησης κινδύνου (Value at Risk) με τη χρήση γενικευμένων αυτοπαλίνδρομων υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικότητας υποδειγμάτων. Πιο συγκεκριμένα τα δεδομένα που συλλέχθηκαν είναι οι εβδομαδιαίες τιμές κλεισίματος από 04/01/2008 έως 31/08/2018 των διεθνών χρηματιστηριακών δεικτών

- CAC 40 (Γαλλία)
- DAX (Γερμανία)
- FTSE 100 (Ηνωμένο Βασίλειο)
- S&P 500 (Αμερική)
- NIKKEI 225 (Ιαπωνία)

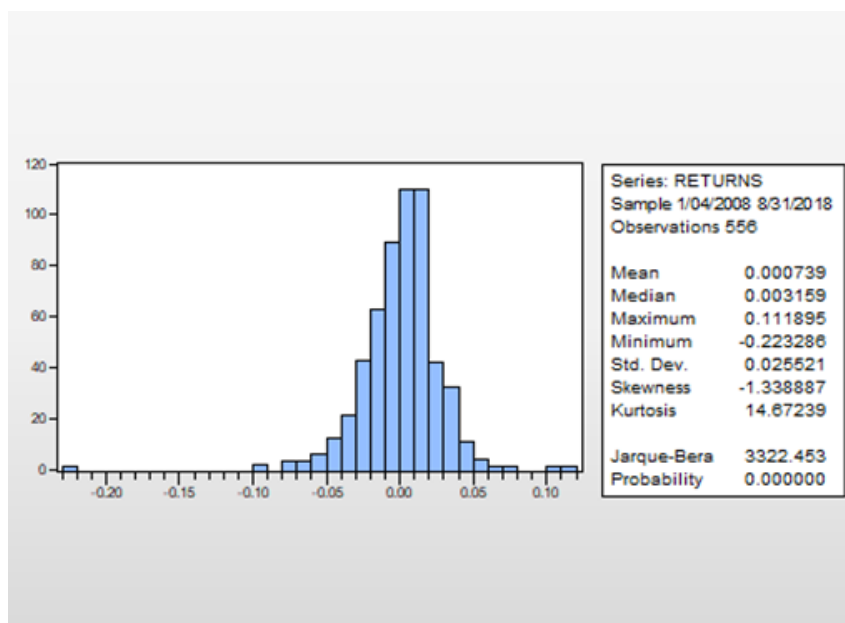
Τα δεδομένα παρουσιάζονται σ' ένα συγκεντρωτικό χαρτοφυλάκιο που έχουμε δημιουργήσει, το οποίο αποτελείται από τους 5 αυτούς δείκτες ισόποσα κατανεμημένους.

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης, επισημαίνεται ότι η ανάλυση θα διεξαχθεί χρησιμοποιώντας χρονοσειρές που αφορούν την εξέλιξη της λογαριθμικής απόδοσης του κάθε δείκτη και του αντίστοιχου χαρτοφυλακίου.

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

Στο ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται το ιστόγραμμα της σειράς των αποδόσεων του χαρτοφυλακίου και αναλύονται τα χαρακτηριστικά της:

Με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Eviews έχουμε τα εξής αποτελέσματα.

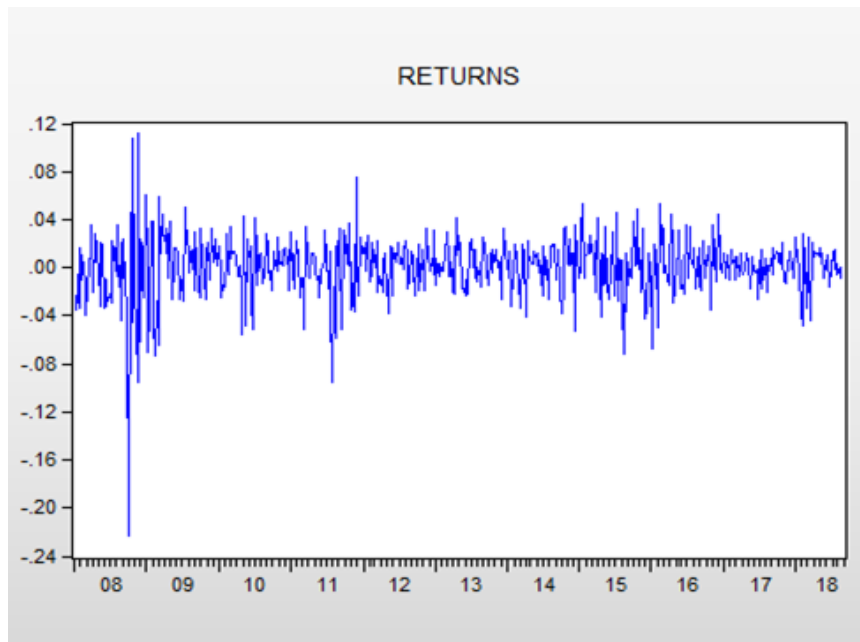


Πίνακας 1: Περιγραφικά στατιστικά του χαρτοφυλακίου

Η μέγιστη τιμή των αποδόσεων που παρατηρούμε είναι 0,112, ενώ η ελάχιστη -0,223 με τυπική απόκλιση 0,025. Παρατηρούμε ότι ο μέσος της κατανομής των αποδόσεων

είναι ίσος με 0,001 και η διάμεσος με 0,003. Από το παραπάνω πίνακα διαπιστώνουμε ότι η χρονοσειρά μας παρουσιάζει υψηλή κύρτωση (κύρτωση = $14,672 > 3$). Άρα, η κατανομή των αποδόσεων του χαρτοφυλακίου χαρακτηρίζεται ως λεπτόκυρτη και δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή. Επισημαίνεται ότι η κύρτωση παρέχει πληροφορίες για το σημείο κατανομής της μάζας πιθανότητας στο πεδίο τιμών της κατανομής. Επομένως, υψηλή κύρτωση συνεπάγεται την τοποθέτηση μάζας πιθανότητας στις ουρές της κατανομής γεγονός το οποίο συνεπάγεται αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης ακραίων τιμών. Επιπρόσθετα, μέσω της ασυμμετρίας (skewness) ελέγχεται η θέση του κυρίου μέρους της μάζας πιθανότητας της κατανομής της σειράς των αποδόσεων του χαρτοφυλακίου. Η αρνητική ασυμμετρία (skewness = $-1,338$) υποδηλώνει ότι η μάζα πιθανότητας της κατανομής των αποδόσεων είναι μετατοπισμένη προς τα αριστερά της αναμενόμενης τιμής. Αυτό συνεπάγεται αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης τιμής μικρότερης της αναμενόμενης.

Τέλος, μέσω του Jarque-Bera εξετάζεται η μηδενική υπόθεση H_0 ότι οι αποδόσεις ακολουθούν την κανονική κατανομή σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Από τα αποτελέσματα του παραπάνω ιστογράμματος διαπιστώνουμε ότι το p-value του εκτιμώμενου στατιστικού Jarque-Bera είναι μικρότερο από το επίπεδο που έχουμε θέσει και άρα απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση ότι οι αποδόσεις ακολουθούν την κανονική κατανομή και αποδεχόμαστε την εναλλακτική H_1 ότι οι αποδόσεις δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή (p-value = $0,00 < \alpha = 0,05$).



Διάγραμμα 1: Εβδομαδιαίες αποδόσεις της σειράς

6.2. Box – Jenkins Προσέγγιση

Παρακάτω ακολουθεί η ανάπτυξη ενός μοντέλου ARIMA ως προγνωστικό εργαλείο για τις τιμές των αποδόσεων των εβδομαδιαίων τιμών του χαρτοφυλακίου μας με την τεχνική Box – Jenkins. Σύμφωνα με τη μεθοδολογία Box – Jenkins η ανάπτυξη του μοντέλου θα πραγματοποιηθεί ακολουθώντας τα εξής βήματα:

- Ταυτοποίηση (**Identification**)

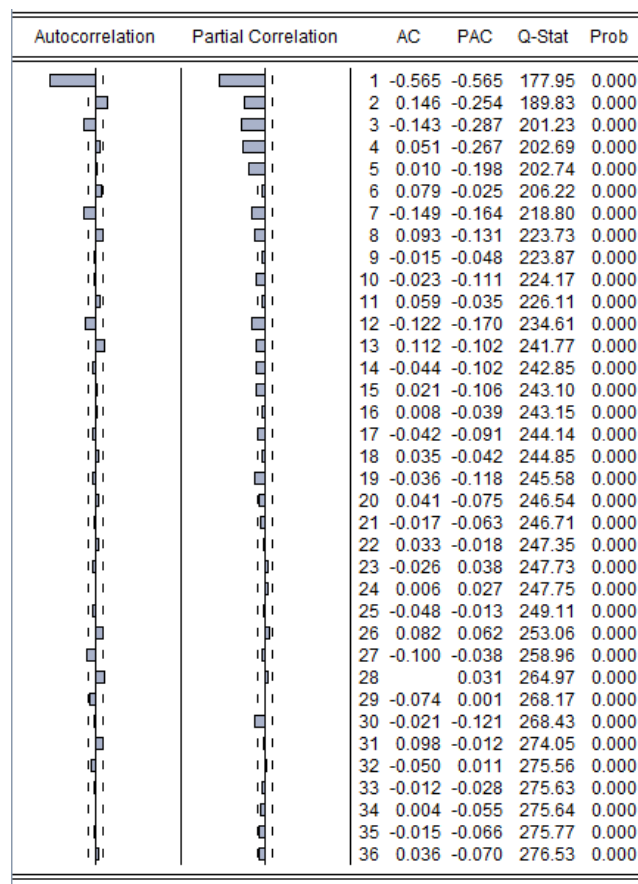
Σε αυτό το βήμα θα προσδιοριστεί εάν η χρονοσειρά είναι στάσιμη ή μη, μέσω των γραφημάτων αυτοσυσχετίσεων (ACF) και μερικών αυτοσυσχετίσεων (PACF) τα οποία θα δημιουργηθούν με τη βοήθεια του λογισμικού Eviews. Σε αυτό το σημείο θα γίνει προσπάθεια καθορισμού της τιμής p , δηλαδή η τάξη της αυτοπαλίνδρομης διαδικασίας AR και ο καθορισμός της τιμής q , δηλαδή η τάξη της διαδικασίας κινητού μέσου MA. Με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Eviews 8.0 έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
0.000	0.000	1	-0.079	-0.079	3.5034	0.061
0.059	0.059	2	0.059	0.053	5.4405	0.066
-0.117	-0.117	3	-0.117	-0.109	13.128	0.004
0.017	0.017	4	0.017	-0.002	13.299	0.010
0.039	0.039	5	0.039	0.053	14.142	0.015
0.042	0.042	6	0.042	0.036	15.139	0.019
-0.125	-0.125	7	-0.125	-0.126	23.954	0.001
0.029	0.029	8	0.029	0.019	24.441	0.002
-0.020	-0.020	9	-0.020	0.005	24.664	0.003
-0.034	-0.034	10	-0.034	-0.071	25.325	0.005
0.002	0.002	11	0.002	-0.001	25.328	0.008
-0.087	-0.087	12	-0.087	-0.074	29.626	0.003
0.089	0.089	13	0.089	0.076	34.162	0.001
0.020	0.020	14	0.020	0.024	34.386	0.002
0.048	0.048	15	0.048	0.037	35.685	0.002
0.029	0.029	16	0.029	0.054	36.161	0.003
-0.008	-0.008	17	-0.008	-0.006	36.196	0.004
0.043	0.043	18	0.043	0.050	37.261	0.005
0.021	0.021	19	0.021	0.007	37.510	0.007
0.072	0.072	20	0.072	0.089	40.493	0.004
0.038	0.038	21	0.038	0.053	41.345	0.005
0.039	0.039	22	0.039	0.045	42.219	0.006
-0.030	-0.030	23	-0.030	0.002	42.758	0.007
-0.045	-0.045	24	-0.045	-0.056	43.965	0.008
-0.073	-0.073	25	-0.073	-0.051	47.075	0.005
0.004	0.004	26	0.004	-0.014	47.084	0.007
-0.097	-0.097	27	-0.097	-0.096	52.565	0.002
0.023	0.023	28	0.023	0.003	52.866	0.003
-0.077	-0.077	29	-0.077	-0.066	56.343	0.002
-0.018	-0.018	30	-0.018	-0.039	56.532	0.002
0.089	0.089	31	0.089	0.091	61.210	0.001
-0.017	-0.017	32	-0.017	-0.015	61.385	0.001
-0.016	-0.016	33	-0.016	-0.040	61.531	0.002
0.013	0.013	34	0.013	-0.001	61.634	0.003
0.030	0.030	35	0.030	0.025	62.168	0.003
0.083	0.083	36	0.083	0.040	66.292	0.002

Διάγραμμα 2: Γραφική αναπαράσταση αυτοσυσχετίσεων (ACF) και μερικών αυτοσυσχετίσεων (PACF)

Όπως παρατηρούμε, οι αυτοσυσχετίσεις και οι μερικές αυτοσυσχετίσεις των παρατηρήσεων της χρονοσειράς δεν εμφανίζουν ξεκάθαρη τάση. Πιο συγκεκριμένα, βλέπουμε ότι οι τιμές της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης (ACF) και της συνάρτησης μερικής αυτοσυσχέτισης (PACF) είναι και θετικές και αρνητικές αλλά κατά κύριο λόγο κοντά στον κεντρικό άξονα (μηδέν) γεγονός που υποδηλώνει ότι δεν υπάρχει σημαντική αυτοσυσχέτιση μεταξύ των δεδομένων.

Εν τέλη, η χρονοσειρά ορίζεται ως μη στάσιμη, επομένως θα ακολουθήσει η επανεξέταση της στασιμότητας της χρονοσειράς παίρνοντας τις πρώτες διαφορές. Με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Eviews έχουμε τα εξής αποτελέσματα:



Διάγραμμα 3: Γραφική αναπαράσταση Αυτοσυσχετίσεων (ACF) και Μερικών Αυτοσυσχετίσεων (PACF) χρονοσειράς D(Return)

Έχοντας πλέον μία χρονοσειρά ολοκληρωμένη πρώτης τάξεως εξετάζουμε ξανά την ύπαρξη στασιμότητας ή μη. Παρατηρώντας το Γράφημα 3, βλέπουμε ότι οι συναρτήσεις των αυτοσυσχετίσεων (ACF) και οι συναρτήσεις των μερικών αυτοσυσχετίσεων (PACF) της χρονοσειράς εμφανίζουν μία πιο ξεκάθαρη συμπεριφορά αυτή τη φορά. Πιο αναλυτικά, η συνάρτηση των αυτοσυσχετίσεων (ACF) παρουσιάζει υψηλή τιμή για χρονική υστέρηση 1 (lag 1) ενώ στη συνέχεια φθίνει απότομα και πλησιάζει τιμές κοντά στο μηδέν. Αντίστοιχα, η συνάρτηση των μερικών αυτοσυσχετίσεων (PACF) παρουσιάζει υψηλή τιμή για χρονική υστέρηση 1 (lag 1), ενώ στη συνέχεια φθίνει με αργό ρυθμό πλησιάζοντας τιμές κοντά στο μηδέν.

Τα παραπάνω συμπεράσματα είναι ένδειξη στασιμότητας της χρονοσειράς. Παρ' όλα αυτά, προτού προχωρήσουμε στην ταυτοποίηση του μοντέλου θα πραγματοποιήσουμε κάποια τεστ για να επιβεβαιώσουμε το συμπέρασμα μας, δηλαδή ότι η χρονοσειρά είναι στάσιμη.

Αρχικά, θα διεξάγουμε το Augmented Dickey-Fuller (ADF) test για να διαπιστώσουμε την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας (unit root) ή μη. Με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Eviews έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

Null Hypothesis: D(RETURNS) has a unit root		
Exogenous: Constant		
Lag Length: 14 (Automatic - based on SIC, maxlag=18)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-11.88554	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.442231	
5% level	-2.866673	
10% level	-2.569564	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.		
Augmented Dickey-Fuller Test Equation		
Dependent Variable: D(RETURNS,2)		
Method: Least Squares		
Date: 09/26/18 Time: 07:26		
Sample (adjusted): 4/25/2008 8/24/2018		
Included observations: 540 after adjustments		

Πίνακας 2: ADF test έλεγχος μοναδιαίας ρίζας της χρονοσειράς D(Return)

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του Πίνακα 2 συμπεραίνουμε ότι η μηδενική υπόθεση H_0 (ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας) απορρίπτεται σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, όποτε η χρονοσειρά μπορεί να χαρακτηριστεί ως στάσιμη. Πιο συγκεκριμένα, βλέπουμε ότι τιμή της t-statistic (-11,885) είναι μικρότερη της Test Critical Value (-2,866) σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η τιμή της p-value (0,00) είναι μικρότερη του 0,05 στο ίδιο επίπεδο σημαντικότητας, απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση H_0 και αποδεχόμαστε την εναλλακτική, ότι δεν υπάρχει μοναδιαία ρίζα. Έτσι λοιπόν, το ADF test επιβεβαιώνει τη στασιμότητα της χρονοσειράς D(Return).

Στην συνέχεια θα ακολουθήσει η διενέργεια του δεύτερου τεστ για την επιβεβαίωση της στασιμότητας της χρονοσειράς D(Return), το Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) test. Σε αντίθεση με το προηγούμενο τεστ, η μηδενική υπόθεση H_0 του KPSS test είναι η ύπαρξη στασιμότητας στη χρονοσειρά και η εναλλακτική H_1 είναι η μη ύπαρξη στασιμότητας. Με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Eviews 8.0 έχουμε τα εξής αποτελέσματα

Null Hypothesis: D(RETURNS) is stationary
 Exogenous: Constant
 Bandwidth: 554 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

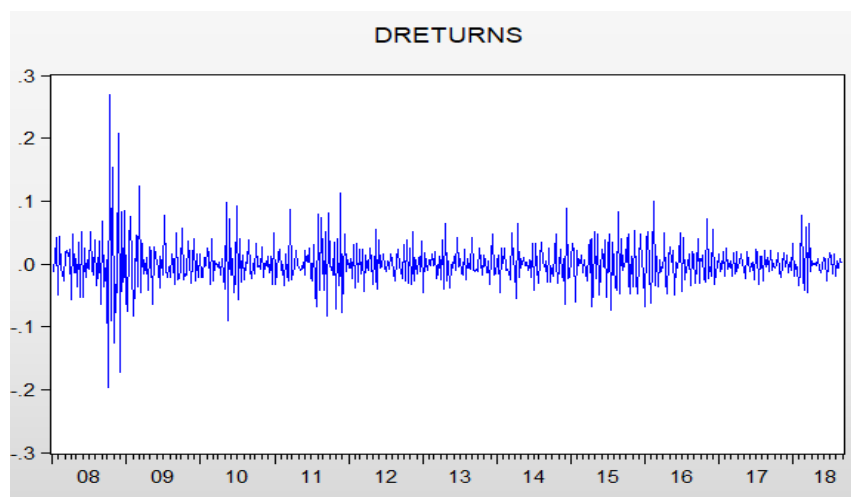
	LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic	0.500000
Asymptotic critical values*:	
1% level	0.739000
5% level	0.463000
10% level	0.347000

*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)

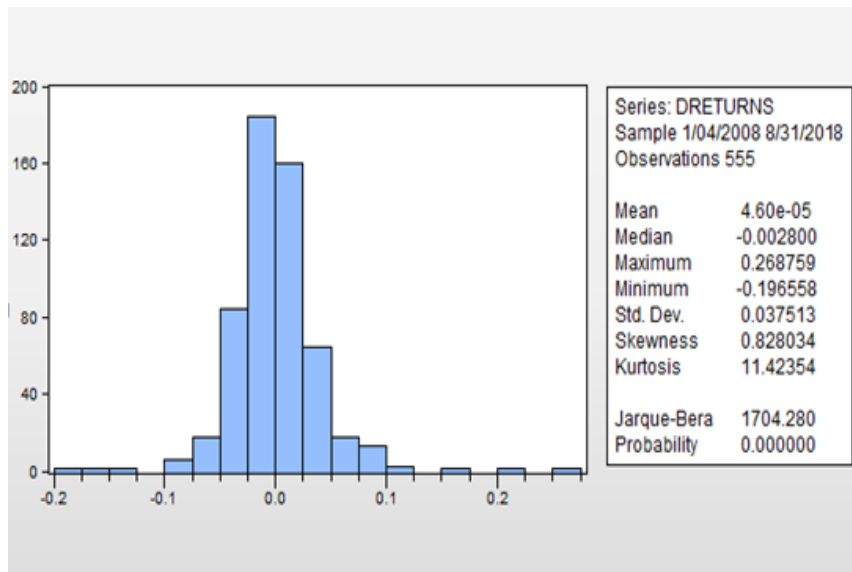
Residual variance (no correction)	0.001405
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	2.93E-06

Πίνακας 3: KPSS test έλεγχος μοναδιαίας ρίζας της χρονοσειράς D(Return)

Παρατηρώντας τον Πίνακα 3 συμπεραίνουμε ότι η μηδενική υπόθεση H_0 (ύπαρξη στασιμότητας) γίνεται δεκτή σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Πιο αναλυτικά, βλέπουμε ότι η τιμή της t-statistic (0,5) είναι μικρότερη της Asymptotic Critical Value (0,046) σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, άρα δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση H_0 έναντι της εναλλακτικής η οποία δηλώνει την ύπαρξη στασιμότητας, γεγονός το οποίο επιβεβαιώνει και τα προηγούμενα συμπεράσματα μας.



Διάγραμμα 4: Πρώτες διαφορές των εβδομαδιαίων αποδόσεων της χρονοσειράς



Πίνακας 4: Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία της χρονοσειράς D(return)

Η μέγιστη τιμή των πρώτων διαφορών των αποδόσεων που παρατηρούμε είναι 0,268 , ενώ η ελάχιστη -0,196 με τυπική απόκλιση 0,003. Παρατηρούμε ότι ο μέσος της κατανομής των αποδόσεων είναι ίσος με 0,000046 και η διάμεσος με -0,002. Από το παραπάνω πίνακα διαπιστώνουμε ότι η χρονοσειρά μας παρουσιάζει υψηλή κύρτωση (κύρτωση = 11,672 > 3). Άρα, η κατανομή των αποδόσεων του χαρτοφυλακίου χαρακτηρίζεται ως λεπτόκυρτη και δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή. Επιπλέον, το ιστόγραμμα παρουσιάζει θετική ασυμμετρία (skewness= 0,828 > 0). Τέλος, μέσω του Jarque-Bera εξετάζεται η μηδενική υπόθεση H_0 ότι οι αποδόσεις ακολουθούν την κανονική κατανομή σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Από τα αποτελέσματα του παραπάνω ιστογράμματος διαπιστώνουμε ότι το p-value του εκτιμώμενου στατιστικού Jarque-Bera είναι μικρότερο από το επίπεδο που έχουμε θέση και άρα απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση ότι οι αποδόσεις ακολουθούν την κανονική κατανομή και αποδεχόμαστε την εναλλακτική H_1 ότι οι αποδόσεις δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή (p-value= 0,00 < α = 0,05).

Εφόσον έχει επιτευχθεί και επιβεβαιωθεί η στασιμότητα της χρονοσειράς D(Return) μπορούμε να προχωρήσουμε στον καθορισμό των τιμών p,d,q , ώστε να καθοριστεί το ARIMA μοντέλο μας. Αρχικά, ο καθορισμός του αριθμού d ,των διαφορών που απαιτούνται για να μετατραπεί η χρονοσειρά σε στάσιμη, είναι εύκολος καθώς γνωρίζουμε ότι έχουμε μία χρονοσειρά ολοκληρωμένη πρώτης τάξεως άρα ο αριθμός αυτός είναι το 1.

Στη συνέχεια εκτιμήθηκαν υποδείγματα ARMA(p,q) για όλους τους συνδυασμούς $p+q \leq 3$ και το καταλληλότερο υπόδειγμα για το χαρτοφυλάκιο μας επιλέχθηκε βάσει της ελάχιστης τιμής των πληροφοριακών κριτηρίων AKAIKE και SCHWARZ.

PORTFOLIO		
	AIC	SBC
ARMA(1,1)	-4,49	-4,47
ARMA(1,2)	-4,50	-4,48
ARMA(2,1)	-4,49	-4,47
ARMA(1,0)	-4,10	-4,08
ARMA(2,0)	-3,74	-3,72
ARMA(0,1)	-4,49	-4,47
ARMA(0,2)	-3,74	-3,72

Πίνακας 5: Επιλογή κατάλληλου υποδείγματος ARMA

Με αυτόν τον τρόπο επιτεύχθηκε ο καθορισμός του μοντέλου σε ARMA (1,2). Έτσι, ολοκληρώθηκε το πρώτο βήμα της προσέγγισης Box-Jenkins πραγματοποιώντας την ταυτοποίηση του μοντέλου και θα ακολουθήσει το επόμενο βήμα της μεθοδολογίας, η εκτίμηση.

- **Εκτίμηση (Estimation)**

Σε αυτό το βήμα θα γίνει η εκτίμηση των p παραμέτρων του αυτοπαλίνδρου υποδείγματος και των q παραμέτρων του υποδείγματος κινητού μέσου. Με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Eviews πραγματοποιούμε την εκτίμηση του μοντέλου ARIMA(1,2) και έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

Dependent Variable: DRETURNS
Method: Least Squares
Date: 09/26/18 Time: 07:46
Sample (adjusted): 1/18/2008 8/24/2018
Included observations: 554 after adjustments
Convergence achieved after 11 iterations
MA Backcast: 1/04/2008 1/11/2008

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.87E-06	3.44E-06	1.123862	0.2616
AR(1)	-0.992976	0.002140	-463.9466	0.0000
MA(2)	-0.999971	0.003935	-254.1282	0.0000
R-squared	0.546772	Mean dependent var	6.75E-05	
Adjusted R-squared	0.545127	S.D. dependent var	0.037543	
S.E. of regression	0.025321	Akaike info criterion	-4.508975	
Sum squared resid	0.353272	Schwarz criterion	-4.485597	
Log likelihood	1251.986	Hannan-Quinn criter.	-4.499842	
F-statistic	332.3617	Durbin-Watson stat	2.149400	
Prob(F-statistic)	0.000000			
Inverted AR Roots	-.99			
Inverted MA Roots	1.00	-1.00		

Πίνακας 6: Εκτίμηση μοντέλο ARMA(1,2)

Παρατηρώντας τον Πίνακα 6 , βλέπουμε ότι η μηδενική υπόθεση H_0 (οι συντελεστές AR(1) και MA(2) ισούνται με μηδέν) απορρίπτεται έναντι της εναλλακτικής H_1 (οι συντελεστές δεν ισούνται με το μηδέν) σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και άρα οι παράμετροι είναι στατιστικά σημαντικοί. Ακόμη, η τιμή του R^2 δείχνει ότι οι εκτιμώμενες τιμές έχουν μέτρια εξάρτηση από τη χρονοσειρά που εξετάζουμε.

Αφού πραγματοποιήσαμε την εκτίμηση του μοντέλου ARMA(1,2) στη συνέχεια θα ακολουθήσει το τρίτο βήμα της μεθοδολογίας Box-Jenkins, αυτό του διαγνωστικού ελέγχου.

- Διαγνωστικός Έλεγχος (**Diagnostic Checking**)

Σε αυτό το βήμα γίνεται έλεγχος καλής προσαρμογής του υποδείγματος, εάν δηλαδή το υπόδειγμα είναι κατάλληλο για τα δεδομένα μας. Πιο συγκεκριμένα, θα γίνει έλεγχος για το εάν υπάρχει αυτοσυσχέτιση στα κατάλοιπα του δείγματος.

Εδώ η μηδενική υπόθεση H_0 ορίζει τη μη ύπαρξη αυτοσυσχέτισης, ενώ η εναλλακτική υπόθεση H_1 το αντίθετο, δηλαδή την ύπαρξη αυτοσυσχέτισης. Με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Eviews έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

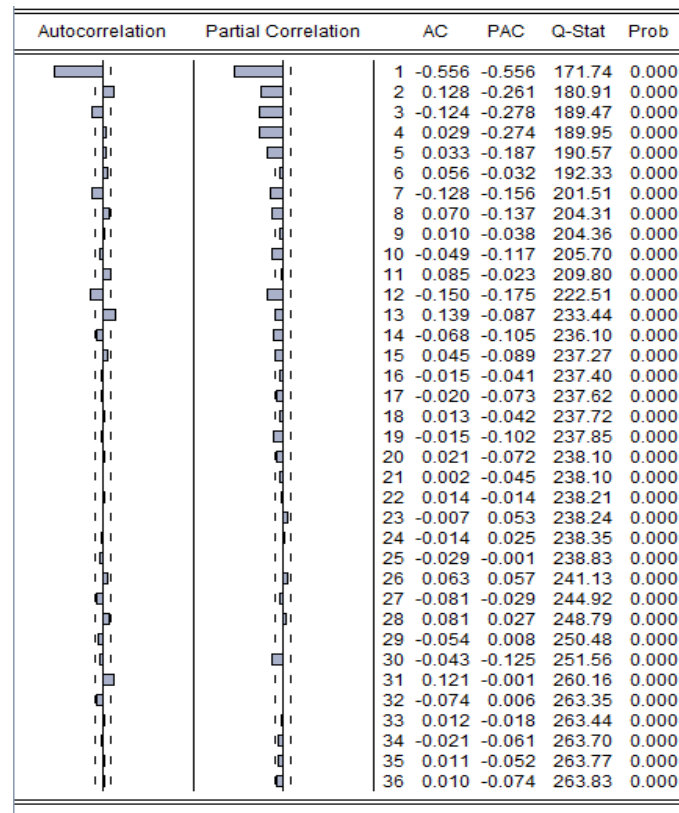
Date: 09/26/18 Time: 17:56
Sample: 1/04/2008 8/31/2018
Included observations: 554

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.077	-0.077	3.2694	0.071
		2 0.047	0.042	4.5144	0.105
		3 -0.111	-0.105	11.409	0.010
		4 0.003	-0.015	11.413	0.022
		5 0.051	0.060	12.858	0.025
		6 0.028	0.025	13.292	0.039
		7 -0.120	-0.125	21.385	0.003
		8 0.011	0.004	21.452	0.006
		9 -0.009	0.009	21.502	0.011
		10 -0.048	-0.081	22.814	0.011
		11 0.018	0.006	23.004	0.018
		12 -0.102	-0.083	28.902	0.004
		13 0.103	0.083	34.897	0.001
		14 0.009	0.017	34.946	0.001
		15 0.062	0.047	37.148	0.001
		16 0.016	0.042	37.287	0.002
		17 0.003	0.002	37.292	0.003
		18 0.029	0.039	37.782	0.004
		19 0.030	0.013	38.301	0.005
		20 0.059	0.079	40.334	0.005
		21 0.045	0.059	41.491	0.005
		22 0.025	0.036	41.839	0.007
		23 -0.026	0.005	42.241	0.009
		24 -0.061	-0.068	44.427	0.007
		25 -0.069	-0.050	47.191	0.005
		26 -0.008	-0.025	47.231	0.007
		27 -0.085	-0.088	51.467	0.003
		28 0.011	-0.007	51.539	0.004
		29 -0.065	-0.060	54.038	0.003
		30 -0.028	-0.046	54.496	0.004
		31 0.099	0.091	60.236	0.001
		32 -0.030	-0.026	60.759	0.002
		33 -0.007	-0.040	60.791	0.002
		34 -0.002	-0.015	60.794	0.003
		35 0.043	0.030	61.915	0.003
		36 0.066	0.026	64.470	0.002

Διάγραμμα 5: : Γραφική αναπαράσταση Αυτοσυσχετίσεων (ACF) και Μερικών Αυτοσυσχετίσεων (PACF) των καταλοίπων της χρονοσειράς D(Return) με μοντέλο ARMA(1,2)

Στο παραπάνω διάγραμμα, παρατηρούμε ότι τα κατάλοιπα των αυτοσυσχετίσεων (ACF) και μερικών αυτοσυσχετίσεων (PACF) κινούνται σε χαμηλά επίπεδα τιμών και κοντά στο μηδέν. Βλέποντας, όμως τις τιμές Q-Statistic και p-value βλέπουμε ότι τα αποτελέσματα των τιμών p-value δεν είναι όλα μικρότερα από το επίπεδο σημαντικότητας 5% και γι αυτό το λόγο , δεν μπορούμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση H_0 (δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση) και άρα πρέπει να δεχτούμε την

εναλλακτική υπόθεση H_1 . Προκειμένου λοιπόν να αποτρέψουμε την αυτοσυσχέτιση θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ο έλεγχος, ξανά, στις πρώτες διαφορές των καταλοίπων.



Διάγραμμα 6: : Γραφική αναπαράσταση Αυτοσυσχετίσεων (ACF) και Μερικών Αυτοσυσχετίσεων (PACF) των πρώτων διαφορών των καταλοίπων της χρονοσειράς D(Return) με μοντέλο ARMA(1,2)

Παρατηρώντας, λοιπόν τις τιμές Q-Statistic και p-value βλέπουμε ότι τα αποτελέσματα των τιμών p-value είναι όλα μηδενικά ($p\text{-value} < 0,05$), επομένως τώρα μπορούμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση H_0 (δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση) σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και να δεχτούμε την εναλλακτική υπόθεση H_1 , η οποία ορίζει την ύπαρξη αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα του δείγματος.

6.3. Τεστ Ετεροσκεδαστικότητας

Σε αυτό το σημείο θα πραγματοποιηθεί έλεγχος για την ύπαρξη ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της χρονοσειράς. Το τεστ ελέγχου ετεροσκεδαστικότητας (ARCH—LM test) ορίζει ως μηδενική υπόθεση H_0 τη μη ύπαρξη ετεροσκεδαστικότητας έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης H_1 ορίζει την ύπαρξη ετεροσκεδαστικότητας. Με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Eviews έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

Heteroskedasticity Test: ARCH				
F-statistic	5.136168	Prob. F(1,551)	0.0238	
Obs*R-squared	5.107204	Prob. Chi-Square(1)	0.0238	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Date: 09/26/18 Time: 07:54				
Sample (adjusted): 1/25/2008 8/24/2018				
Included observations: 553 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000575	9.91E-05	5.807475	0.0000
RESID^2(-1)	0.096105	0.042406	2.266311	0.0238
R-squared	0.009235	Mean dependent var	0.000637	
Adjusted R-squared	0.007437	S.D. dependent var	0.002250	
S.E. of regression	0.002241	Akaike info criterion	-9.359856	
Sum squared resid	0.002768	Schwarz criterion	-9.344249	
Log likelihood	2590.000	Hannan-Quinn criter.	-9.353758	
F-statistic	5.136168	Durbin-Watson stat	2.012671	
Prob(F-statistic)	0.023819			

Πίνακας 8: Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας, μοντέλο ARMA(1,2)

Παρατηρώντας τον Πίνακα 8 βλέπουμε ότι οι τιμές p-value είναι μικρότερες από το επίπεδο σημαντικότητας 5%, επομένως απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση H_0 (μη ύπαρξη ετεροσκεδαστικότητας) και γίνεται δεκτή η εναλλακτική υπόθεση H_1 η οποία ορίζει την ύπαρξη ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα της χρονοσειράς.

Τα παραπάνω αποτελέσματα μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι υπάρχει ένδειξη ετεροσκεδαστικότητας στη χρονοσειρά, επομένως θα πρέπει να συνεχίσουμε τη διαδικασία μοντελοποίησης με μοντέλο της οικογένειας ARCH (Αυτοπαλίνδρομο Υπόδειγμα Δεσμευμένης Ετεροσκεδαστικότητας).

Προκειμένου , λοιπόν να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα της ετεροσκεδαστικότητας θα γίνει η εκτίμηση του υποδείγματος με την βοήθεια του γενικευμένου αυτοπαλίνδρου υποδείγματος δεσμευμένης ετεροσκεδαστικότητας GARCH και συγκεκριμένα θα γίνει εκτίμηση στο ARMA(1,2)-GARCH (1,1) και στο ARMA(1,2)-EGARCH (1,1). Η εξαγωγή των αποτελεσμάτων με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Eviews είναι η παρακάτω :

Dependent Variable: DRETURNS				
Method: ML - ARCH				
Date: 09/27/18 Time: 18:17				
Sample (adjusted): 1/18/2008 8/24/2018				
Included observations: 554 after adjustments				
Convergence achieved after 26 iterations				
MA Backcast: 1/04/2008 1/11/2008				
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)				
GARCH = C(4) + C(5)*RESID(-1)^2 + C(6)*GARCH(-1)				
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-2.21E-06	4.86E-06	-0.454495	0.6495
AR(1)	-0.992189	0.001230	-806.5433	0.0000
MA(2)	-0.999904	0.002077	-481.4622	0.0000
Variance Equation				
C	2.49E-05	1.02E-05	2.432741	0.0150
RESID(-1)^2	0.173155	0.035192	4.920276	0.0000
GARCH(-1)	0.794428	0.045664	17.39743	0.0000
R-squared	0.544570	Mean dependent var	6.75E-05	
Adjusted R-squared	0.542917	S.D. dependent var	0.037543	
S.E. of regression	0.025382	Akaike info criterion	-4.750755	
Sum squared resid	0.354988	Schwarz criterion	-4.703999	
Log likelihood	1321.959	Hannan-Quinn criter.	-4.732490	
Durbin-Watson stat	2.140332			
Inverted AR Roots	-.99			
Inverted MA Roots	1.00	-1.00		

Πίνακας 9: Εκτίμηση υποδείγματος ARIMA(1,2)- GARCH(1,1)

Ο Πίνακας 9 περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της εξίσωσης του μέσου (mean equation) στο πάνω μέρος, της εξίσωσης της διακύμανσης (variance equation) στο μεσαίο μέρος και τα βασικά στατιστικά αποτελέσματα της παλινδρόμησης χρησιμοποιώντας τα κατάλοιπα της εξίσωσης του μέσου. Παρατηρώντας τα αποτελέσματα της εξίσωσης της διακύμανσης βλέπουμε ότι η τιμή p-value του συντελεστή της ετεροσκεδαστικότητας (RESID(-1)²) είναι μηδενική, επομένως ο συντελεστής θεωρείται σημαντικός σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, γεγονός το οποίο δηλώνει ότι οι προηγούμενες τιμές επηρεάζουν τη μεταβλητότητα της υπό εξέτασης χρονοσειράς. Ακόμη, σημαντική είναι η παρατήρηση των τιμών των κριτηρίων AIC και SIC. Στο μοντέλο ARIMA(1,2)-GARCH (1,1) έχουμε AIC= -4.75 και SIC=-4.70.

Τέλος, η τιμή του R^2 δείχνει ότι οι εκτιμώμενες τιμές έχουν μέτρια εξάρτηση από τη χρονοσειρά που εξετάζουμε, γεγονός όμως το οποίο δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικό στο μοντέλο ARIMA(1,2) -GARCH (1,1) διότι χρησιμοποιείται μόνο για τη μέτρηση της ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα.

Στη συνέχεια θα γίνει εκτίμηση του υποδείγματος ARMA(1,2)-EGARCH (1,1). Το μοντέλο αυτό συλλαμβάνει την επίδραση της μόχλευσης, δηλαδή την ασύμμετρη σχέση μεταξύ των αποδόσεων και της μελλοντικής διακύμανσης. Παρακάτω φαίνονται με την βοήθεια του Eviews τα αποτελέσματα της εκτίμησης:

Dependent Variable: DRETURNS
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution
Date: 09/29/18 Time: 11:27
Sample (adjusted): 1/18/2008 8/24/2018
Included observations: 554 after adjustments
Convergence achieved after 13 iterations
MA Backcast: 1/04/2008 1/11/2008
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
LOG(GARCH) = C(4) + C(5)*ABS(RESID(-1))/@SQRT(GARCH(-1))) + C(6)
*RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1)) + C(7)*LOG(GARCH(-1))

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	7.15E-06	4.57E-06	1.564982	0.1176
AR(1)	-0.994110	0.000853	-1165.593	0.0000
MA(2)	-0.999162	0.000279	-3586.904	0.0000

Variance Equation				
C(4)	-10.16011	0.478203	-21.24641	0.0000
C(5)	0.268480	0.056525	4.749790	0.0000
C(6)	-0.280853	0.045350	-6.192960	0.0000
C(7)	-0.321368	0.067461	-4.763738	0.0000

R-squared	0.546003	Mean dependent var	6.75E-05
Adjusted R-squared	0.544355	S.D. dependent var	0.037543
S.E. of regression	0.025342	Akaike info criterion	-4.628728
Sum squared resid	0.353871	Schwarz criterion	-4.574179
Log likelihood	1289.158	Hannan-Quinn criter.	-4.607418
Durbin-Watson stat	2.145762		

Inverted AR Roots	-.99		
Inverted MA Roots	1.00	-1.00	

Πίνακας 10: Εκτίμηση υποδείγματος ARIMA(1,2)- EGARCH(1,1)

Ο Πίνακας 10 περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της εξίσωσης του μέσου (mean equation) στο πάνω μέρος, της εξίσωσης της διακύμανσης (variance equation) στο μεσαίο μέρος και τα βασικά στατιστικά αποτελέσματα της παλινδρόμησης χρησιμοποιώντας τα κατάλοιπα της εξίσωσης του μέσου. Παρατηρώντας τα αποτελέσματα της εξίσωσης της διακύμανσης βλέπουμε ότι η τιμή του συντελεστή C(6) είναι αρνητική και επιπρόσθετα η τιμή p-value του συντελεστή της παραμέτρου είναι μηδενική, στοιχεία τα οποία δηλώνουν τη σημαντικότητα του συντελεστή σε

επίπεδο σημαντικότητας 5% και την αρνητική του συσχέτιση. Τα στοιχεία αυτά, υποδεικνύουν την ύπαρξη επίδρασης μόχλευσης, επομένως μπορούμε να πούμε ότι υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ των προηγούμενων τιμών και της μελλοντικής μεταβλητότητας της υπό εξέτασης χρονοσειράς. Ακόμη, σημαντική είναι η παρατήρηση των τιμών των κριτηρίων AIC και SIC. Στο μοντέλο ARIMA(1,2) - EGARCH (1,1) έχουμε AIC= -4,62 και SIC= -4.57.

Μετά την εκτίμηση των παραπάνω υποδειγμάτων και ανάλυση των αποτελεσμάτων τους, θα ακολουθήσει η επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου συγκρίνοντας τους δείκτες των κριτηρίων AIC και SIC. Καταλληλότερο μοντέλο θα κριθεί αυτό με τους χαμηλότερους δείκτες. Για αυτό το λόγο καταλήγουμε ότι το κατάλληλο υπόδειγμα είναι το ARIMA(1,2)- GARCH(1,1) .

Αφότου έγινε η επιλογή του μοντέλου, απαραίτητος είναι ο διαγνωστικός έλεγχος ώστε να επιβεβαιωθεί η καταλληλότητα του. Η συγκεκριμένη διαδικασία θα γίνει σε 2 βήματα. Το πρώτο βήμα αφορά τον έλεγχο για ύπαρξη αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα της υπό εξέτασης χρονοσειράς και το δεύτερο βήμα τον έλεγχο για ύπαρξη ετεροσκεδαστικότητας. Σκοπός του διαγνωστικού ελέγχου είναι να επιβεβαιώσουμε τη μη ύπαρξη των παραπάνω χαρακτηριστικών, ώστε να μπορέσουμε να συνεχίσουμε με τη διενέργεια της πρόβλεψης των τιμών των αποδόσεων.

Παρακάτω ακολουθεί ο έλεγχος για την ύπαρξη αυτοσυσχέτισης παραθέτοντας τη γραφική απεικόνιση των κανονικοποιημένων τετραγώνων των καταλοίπων (standardized residuals squared) με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Eviews .

Date: 09/29/18 Time: 12:25
Sample: 1/04/2008 8/31/2018
Included observations: 554

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1 0.008 0.008	0.0345	0.853	
		2 -0.021 -0.022	0.2922	0.864	
		3 -0.021 -0.021	0.5353	0.911	
		4 -0.021 -0.021	0.7840	0.941	
		5 0.066 0.066	3.2549	0.661	
		6 -0.002 -0.004	3.2567	0.776	
		7 0.030 0.032	3.7585	0.807	
		8 -0.026 -0.025	4.1402	0.844	
		9 -0.007 -0.003	4.1687	0.900	
		10 -0.055 -0.060	5.8973	0.824	
		11 -0.017 -0.015	6.0605	0.869	
		12 -0.005 -0.013	6.0767	0.912	
		13 0.003 0.003	6.0803	0.943	
		14 -0.012 -0.017	6.1671	0.962	
		15 0.024 0.033	6.4829	0.970	
		16 0.008 0.008	6.5151	0.982	
		17 0.011 0.017	6.5888	0.988	
		18 -0.006 -0.008	6.6073	0.993	
		19 0.023 0.027	6.9149	0.995	
		20 0.065 0.057	9.3254	0.979	
		21 0.009 0.008	9.3686	0.986	
		22 -0.023 -0.026	9.6801	0.989	
		23 -0.029 -0.023	10.156	0.990	
		24 -0.016 -0.020	10.312	0.993	
		25 -0.013 -0.020	10.418	0.995	
		26 -0.016 -0.020	10.563	0.997	
		27 -0.013 -0.012	10.658	0.998	
		28 -0.021 -0.017	10.910	0.998	
		29 -0.041 -0.035	11.890	0.998	
		30 0.008 0.016	11.928	0.999	
		31 0.033 0.036	12.572	0.999	
		32 -0.023 -0.026	12.894	0.999	
		33 -0.039 -0.040	13.816	0.999	
		34 -0.011 -0.009	13.893	0.999	
		35 0.006 -0.003	13.913	0.999	
		36 0.018 0.006	14.099	1.000	

Πίνακας 11: Εκτίμηση υποδείγματος ARIMA(1,2)- GARCH(1,1)

Στο πίνακα 11 παρατηρούμε τη γραφική απεικόνιση των αυτοσυσχετίσεων (ACF) και των μερικών αυτοσυσχετίσεων (PACF) των καταλοίπων, οι τιμές των οποίων προσεγγίζουν το μηδέν. Ακόμη, παρατηρώντας τις τιμές Q-Statistic και p-value βλέπουμε ότι τα αποτελέσματα των τιμών p-value είναι μεγαλύτερα της τιμής του επιπέδου σημαντικότητας 5%, επομένως δεν απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση H_0 , γεγονός το οποίο σημαίνει ότι δεν υπάρχει ένδειξη αυτοσυσχέτισης στην υπό εξέταση χρονοσειρά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Στη συνέχεια ακολουθεί ο έλεγχος για την ύπαρξη ετεροσκεδαστικότητας παραθέτοντας τον πίνακα με τα αποτελέσματα του ARCH_LM τεστ, με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Eviews, εξετάζοντας την μηδενική υπόθεση ότι δεν υπάρχει ετεροσκεδαστικότητα, έναντι της εναλλακτικής ότι υπάρχει.

Heteroskedasticity Test: ARCH				
F-statistic	0.144888	Prob. F(2,549)	0.8652	
Obs*R-squared	0.291206	Prob. Chi-Square(2)	0.8645	
Test Equation:				
Dependent Variable: WGT_RESID^2				
Method: Least Squares				
Date: 09/27/18 Time: 18:44				
Sample (adjusted): 2/01/2008 8/24/2018				
Included observations: 552 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.034636	0.128856	8.029375	0.0000
WGT_RESID^2(-1)	0.008091	0.042673	0.189605	0.8497
WGT_RESID^2(-2)	-0.021563	0.042678	-0.505239	0.6136
R-squared	0.000528	Mean dependent var	1.020817	
Adjusted R-squared	-0.003114	S.D. dependent var	2.656193	
S.E. of regression	2.660325	Akaike info criterion	4.800193	
Sum squared resid	3885.452	Schwarz criterion	4.823636	
Log likelihood	-1321.853	Hannan-Quinn criter.	4.809353	
F-statistic	0.144888	Durbin-Watson stat	1.999908	
Prob(F-statistic)	0.865152			

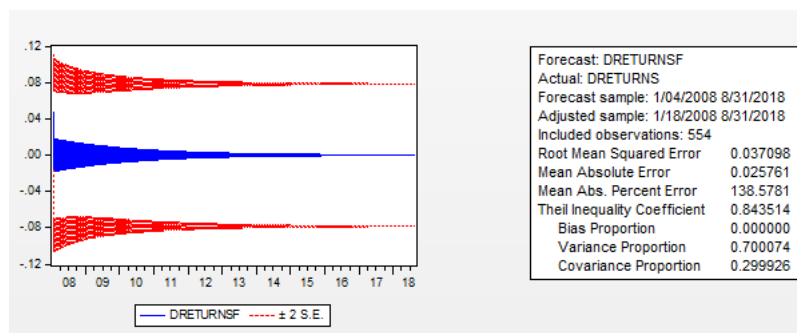
Πίνακας 12: Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας στο μοντέλο ARMA(1,2)-GARCH(1,1)

Στον πίνακα 10 , παρατηρούμε ότι και οι δύο τιμές p-value είναι πολύ μεγαλύτερες από το επίπεδο σημαντικότητας μας 5% , επομένως αποδεχόμαστε την μηδενική υπόθεση (H_0 : μη ύπαρξη ετεροσκεδαστικότητας) και άρα δεν έχουμε πλέον ετεροσκεδαστικότητα στα κατάλοιπα της χρονοσειράς μας.

Έχοντας ολοκληρώσει το διαγνωστικό έλεγχο, συμπεραίνουμε ότι το μοντέλο ARIMA(1,2) - GARCH (1,1) είναι κατάλληλο για να προχωρήσουμε στο στάδιο της πρόβλεψης, εφόσον δεν υπάρχουν πλέον ενδείξεις αυτοσυσχέτισης και ετεροσκεδαστικότητας στα δεδομένα της υπό εξέταση χρονοσειράς.

6.4. Προβλέψεις με ARMA(1,2) - GARCH(1,1)

Χρησιμοποιώντας το μοντέλο μας ARMA(1,2)-GARCH(1,1) και το Eviews μπορούμε να κάνουμε μια πρόβλεψη των τιμών των αποδόσεων του χαρτοφυλακίου μας.



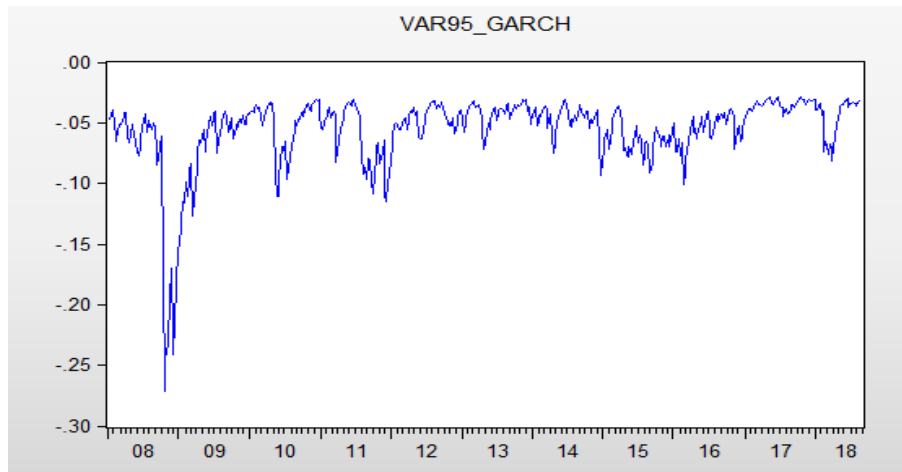
Διάγραμμα 8: Πρόβλεψη αποδόσεων

Με το μπλε χρώμα είναι οι προβλέψεις και με το κόκκινο χρώμα οι τιμές των προβλέψεων με περιθώριο λάθους. Πιο συγκεκριμένα, σημαντικός δείκτης είναι η τιμή της ρίζας του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Root Mean Squared Error). Η τιμή του συγκεκριμένου δείκτη είναι χαμηλή (RMSE = 0,037098), γεγονός το οποίο είναι ένδειξη αξιοπιστίας της προβλεπτικής ικανότητας του μοντέλου. Ένα άλλο μέτρο αξιολόγησης είναι η τιμή του μέσου απόλυτου σφάλματος (Mean Absolute Error), η οποία εδώ παρουσιάζεται και αυτή χαμηλή (MAE = 0,025781), γεγονός το οποίο αποτελεί ένδειξη ακρίβειας των αποτελεσμάτων πρόβλεψης. Τέλος, ένα ακόμα μέτρο αξιολόγησης των προβλέψεων είναι ο δείκτης του συντελεστή ανισότητας του Theil (Theil Inequality Coefficient) ο οποίος παίρνει τιμές από το μηδέν έως το ένα.

6.5. Υπολογισμός Value At Risk – ARMA(1,2)- GARCH (1,1)

Για την εκτίμηση του VaR με τα υποδείγματα ARCH-GARCH, χρησιμοποιήσαμε το λογισμικό Eviews. Τα βήματα που ακολουθούνται για αυτό το υπόδειγμα είναι τα εξής: Αρχικά, αφού ελέγξαμε την στασιμότητα της σειράς των αποδόσεων του χαρτοφυλακίου μας, διαπιστώσαμε ότι οι αποδόσεις είναι στάσιμες οπότε χρησιμοποιήθηκαν αυτές για τον υπολογισμό του VaR(1-day, $\alpha=5\%$) με ARMA(1,2)-GARCH(1,1).

Αφού εκτιμήσαμε το μοντέλο μας παραπάνω , πρέπει να δημιουργήσουμε τις σειρές των διακυμάνσεων . Στη συνέχεια υπολογίζουμε το $\text{VaR}(1\text{-day}, \alpha=5\%)$ για $\text{ARMA}(1,2)\text{-GARCH}(1,1)$ χρησιμοποιώντας την αντίστροφη συνάρτηση της κανονικής αθροιστικής κατανομής για $\alpha=5\%$ ($Z_{0.05}=-1,645$) και τις σειρές των διακυμάνσεων που υπολογίσαμε προηγουμένως.



Διάγραμμα 9: $\text{VaR}(1\text{-day}, \alpha=5\%)$

Στην συνέχεια, έχοντας σχηματίσει τις σειρές των $\text{VaR}(1\text{-day}, \alpha=5\%)$ για το $\text{ARMA}(1,2)\text{-GARCH}(1,1)$, υπολογίζουμε τις «παραβιάσεις» του κάθε $\text{VaR}(1\text{-day}, \alpha=5\%)$, δηλαδή πόσες από τις αποδόσεις του χαρτοφυλακίου είναι μικρότερες από τις τιμές του αντιστοίχου $\text{VaR}(1\text{-day}, \alpha=5\%)$.

Υποθέτουμε ότι διαθέτουμε κεφάλαιο ύψους 500.000 ευρώ προς επένδυση. Για τον υπολογισμό του $\text{VaR}(1\text{-day}, \alpha=5\%)$ θα χρειαστούμε την τελευταία τιμή της σειράς του VaR , η οποία υπολογίστηκε στο Eviews (= -0,034) και την οποία πολλαπλασιάζουμε με το ύψος της επένδυσης (500.000)

Υπολογίζουμε ότι $\text{VaR}(1\text{-day}, \alpha=5\%)=-17.017$ ευρώ. Άρα η μέγιστη ζημιά που είναι πιθανό να έχουμε με πιθανότητα $p=95\%$ την επόμενη μέρα για ύψος επένδυσης 500.000 ευρώ είναι 17,017 ευρώ.

6.6. Υπολογισμός Value At Risk με την Μέθοδο Ιστορικής Προσομοίωσης

Σ' αυτή την ενότητα θα εφαρμόσουμε τη μέθοδο ιστορικής προσομοίωσης προκειμένου να υπολογίσουμε το VaR για το χαρτοφυλάκιο, το οποίο αποτελείται από τους δείκτες CAC 40, DAX, FTSE 100, S&P 500 και NIKKEI 225 για διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

Η επένδυση είναι 100.000 εκ. για κάθε δείκτη.

Για την εκτίμηση του κινδύνου με την μέθοδο Historical Simulation, αρχικά υπολογίζουμε τις αποδόσεις του κάθε δείκτη και δημιουργούμε το χαρτοφυλάκιο μας για το υπό εξέταση χρονικό διάστημα.

Στο επόμενο βήμα ταξινομούνται οι αποδόσεις από την μικρότερη προς την μεγαλύτερη και υπολογίζουμε το Historical VaR, πολλαπλασιάζοντας την κάθε απόδοση με το ύψος της συνολικής επένδυσης (500.000 ευρώ).

Βοηθητικά για τον υπολογισμό του VaR, θα χρειαστούμε το πλήθος των παρατηρήσεων των αποδόσεων, που στην περίπτωση μας είναι 556 παρατηρήσεις.

Έχοντας τούτα τα στοιχεία εκτιμούμε το VaR με την βοήθεια του Excel.

Χρησιμοποιούμε την εντολή Percentile, η οποία επιστρέφει το ν-οστό εκατοστημόριο των τιμών σε ένα εύρος δεδομένων. Από προηγούμενο βήμα έχει υπολογιστεί το Historical VaR, πολλαπλασιάζοντας το ύψος της επένδυσης με την κάθε απόδοση.

Με την μέθοδο αυτή υπολογίστηκε ότι $VaR(1\text{-day}, \alpha=5\%) = -19.132,41$ ευρώ

Άρα η μεγίστη ζημιά που μπορεί να έχουμε με πιθανότητα $p=95\%$ την επόμενη μέρα για ύψος επένδυσης 500.000 ευρώ είναι 19.132,41 ευρώ.

6.7. Σύγκριση Μοντέλων VaR

Στο τελευταίο στάδιο της ανάλυσης θα εξεταστεί ποιο από τα παραπάνω μοντέλα αποδίδει τις καλύτερες εκτιμήσεις. Η μέθοδος σύγκρισης που θα χρησιμοποιήσουμε είναι απλή και ακολουθεί τα εξής βήματα.

- Γίνεται μέτρηση των παρατηρήσεων (αποδόσεις) του δείγματος και υπολογίζουμε το 5% ($\alpha=5\%$) των παρατηρήσεων. Στην περίπτωση μας έχουμε 556 παρατηρήσεις, οπότε $5\% * 556 = 28$ παρατηρήσεις. Ο αριθμός αυτός αποδίδει πόσες παρατηρήσεις ξεπερνούν το $VaR(\alpha=5\%)$. Άρα, για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, υπολογίζουμε ότι 28 παρατηρήσεις θα ξεπερνούν το $VaR(\alpha=5\%)$ κάθε μεθόδου.
- Σε προηγούμενο στάδιο, έχει υπολογιστεί το $VaR(\alpha=5\%)$ κάθε μεθόδου, το οποίο ανάγουμε σε ποσοστιαία μεταβολή και κατασκευάζουμε τον ακόλουθο πίνακα
- Γίνεται έλεγχος, πόσες παρατηρήσεις (αποδόσεις) από το δείγμα ξεπερνούν το εκτιμώμενο $VaR(1\text{-day}, \alpha=5\%)$ κάθε μεθόδου. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

	$VaR(1\text{-day}, \alpha=5\%)$	Αναμενόμενες παρατηρήσεις για $\alpha=5\%$, οι οποίες ξεπερνούν το $VaR(1\text{-day}, \alpha=5\%)$	Πόσες παρατηρήσεις ξεπερνούν το $VaR(1\text{-day}, \alpha=5\%)$
Historical Simulation(percentile)	-0,0383	28	28
ARMA(1,2)-GARCH(1,1)	-0,0340	28	27

Πίνακας 13 : Αποτελέσματα σύγκρισης 2 μεθόδων Value At Risk

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα, αντιλαμβανόμαστε ότι αυτό που πλησιάζει ακριβώς τις παρατηρήσεις, είναι μοντέλο Historical Simulation (percentile), το οποίο αναμενόταν αφού, η εντολή Percentile υπολογίζει ακριβώς το 5% των παρατηρήσεων.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία θα μπορούσαμε να πούμε ότι αποτελεί μία ολοκληρωμένη θεωρητική και πρακτική προσπάθεια εκτίμησης του VaR.

Αρχικά, αναφερθήκαμε στην έννοια του κινδύνου και αναλύσαμε τα διάφορα είδη του. Στη συνέχεια, αναπτύξαμε την πιο διαδεδομένη μέθοδο εκτίμησης κινδύνου, το VaR και αναλύσαμε τα χαρακτηριστικά της. Η εφαρμογή στην εν λόγω μέθοδο, διενεργήθηκε για ένα χαρτοφυλάκιο χρηματιστηριακών δεικτών.

Για να υπολογιστεί το VaR χρησιμοποιήσαμε αρχικά την παραμετρική μέθοδο και στην συνέχεια την μέθοδο της ιστορικής προσομοίωσης, όπου εκτιμήσαμε το μέσο και τη διακύμανση της σειράς, όπως περιγράφεται παραπάνω. Αρχικά, έγινε προσπάθεια εφαρμογής ενός μοντέλου ARIMA ακολουθώντας τη μεθοδολογία Box-Jenkins, ενώ στη συνέχεια εφαρμόστηκε το μοντέλο GARCH και EGRACH. Παρατηρούμε ότι με τη χρήση μοντέλου ARMA(1,2) λύνεται το πρόβλημα της αυτοσυσχέτισης και της ετεροσκεδαστικότητας που παρουσιάζουν, στο αρχικό μοντέλο, τα κατάλοιπα των αποδόσεων.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, μπορούμε να πούμε ότι χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην εκτίμηση του VaR γιατί λανθασμένα αποτελέσματα μπορεί να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στους χρηματοοικονομικούς οργανισμούς. Εν κατακλείδι συμπεραίνουμε ότι το VaR αποτελεί σημαντικό και ασφαλές εργαλείο εκτίμησης του κινδύνου για τους χρηματοοικονομικούς οργανισμούς, αρκεί να εκτιμάται σωστά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη

- Angelidis T., Benos A. and Degiannakis S. (2003) “The use of GARCH models in VaR estimation”,
- Basel Committee on Banking Supervision (2011), “Revisions to the Basel II Market Risk Framework,” Bank for International Settlements.
- Brealey R., S Myers, F Allen (BMA) (2014) “Principles of Corporate Finance”, McGraw Hill, 12th edition
- Brooks C. (2014) “Introductory Econometrics for Finance” Cambridge University Press 3rd edition.
- Crouhy, M., Galai, D., and Mark, R. (2006). *The Essentials of Risk Management*. New York, McGraw-Hill
- Christoffersen P. F. (2003). *Elements of Financial Risk Management*, Academic Press,
- Christoffersen P. and Pelletier D. (2004) “Backtesting Value at Risk: A Duration-Based Approach”, *Journal of Empirical Finance*
- Drehmann, M., and Nikolaou, K. (2010). Funding Liquidity Risk: Definition and Measurement. *Basel: Bank for International Settlements Working Papers*
- Engle R. B. and Manganelli S. (2001) “Value-at-Risk Models in Finance”, European Central bank.
- Hirtle, B. J. (2003). What Market Risk Capital Reporting Tells Us About Bank Risk?. *FRBNY Economic Policy Review*,
- Kiohos, A., and Dimopoulos, A. (2004). Estimation Portfolio VaR with Three Different Methods: Financial Institution Risk Management Approach. *Spoudai*, 54(2), 59-83
- Linsmeier, T.J., Pearson, N.D., (2000). "Risk Measurement: An Introduction to Value at Risk" *Financial Analysts Journal*, 2000.
- Markowitz, Harry M. (1952). “*Portfolio Selection*”, *Journal of Finance*, 7 (1), 77-91.
- Resti A. and Sironi A. Risk Management and shareholders’ value in banking.

Ελληνική

- Καινούριος Δ., (2002), Value at risk (VAR) μεθοδολογία εκτίμησης του κινδύνου αγοράς και VAR παράγωγα εργαλεία.
- Καλφάογλου, Φ. (2012). Το Πλαίσιο της Κεφαλαιακής Επάρκειας των Τραπεζών. *Οικονομικό Δελτίο Τράπεζας της Ελλάδος*, 36, 47-93
- Καλφάογλου, Φ. (2006), “Η επίπτωση του νέου πλαισίου υπολογισμού των κεφαλαιακών απαιτήσεων τραπεζών (Βασιλεία II) στη σταθερότητα και αποτελεσματικότητα του τραπεζικού συστήματος”
- Συριόπουλος κ. (2000) «Διαχείριση Τραπεζικού κινδύνου»
- Τράπεζα της Ελλάδος : *Κεφαλαιακή Επάρκεια (Βασιλεία II)*.

Ιστοσελίδες

<http://www.eviews.com>

<http://www.finance.yahoo.gr>

<http://www.en.wikipedia.org/wiki>

Η συγγραφέας δηλώνει ρητώς ότι η υποβληθείσα Διπλωματική Εργασία είναι προσωπική και δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής άλλης εργασίας ή κειμένου τρίτων.