



**ΑΝΟΙΚΤΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΚΥΠΡΟΥ**

**ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
«Τραπεζική και Χρηματοοικονομική»**

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΑΣΤΕΡ

Μέθοδοι Υπολογισμού της Αξίας σε Κίνδυνο (Value at Risk):

Εφαρμογή στο Δείκτη S&P500

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΘΕΟΦΑΝΗΣ ΜΑΜΟΥΝΕΑΣ

ΛΕΥΚΩΣΙΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ, 2015

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΑΣΤΕΡ

Μέθοδοι Υπολογισμού της Αξίας σε Κίνδυνο (Value at Risk):

Εφαρμογή στο Δείκτη S&P500

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΘΕΟΦΑΝΗΣ ΜΑΜΟΥΝΕΑΣ

ΛΕΥΚΩΣΙΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ, 2015

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ	10
1.1 Είδη Χρηματοοικονομικών Κινδύνων	10
1.2 Κίνδυνος αγοράς (Market Risk).....	11
1.3 Πιστωτικός Κίνδυνος (Credit Risk ή Default Risk).....	12
1.4 Κίνδυνος Ρευστότητας (Liquidity Risk)	14
1.5 Λειτουργικός Κίνδυνος (Operational Risk)	15
1.6 Μέτρηση Χρηματοοικονομικών Κινδύνων	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΞΙΑ ΣΕ ΚΙΝΔΥΝΟ (VALUE AT RISK – VaR)	17
2.1 Ιστορική αναδρομή της Value at Risk	17
2.2 Η Έννοια της Value at Risk	18
2.2.1 Ορισμός της Value at Risk	18
2.2.2 Παράμετροι της Value at Risk	19
2.2.3 Υπολογισμός της Value at Risk	20
2.3 Χρήση και εφαρμογές της Value at Risk	23
2.4 Εργαλεία της Value at Risk.....	24
2.5 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Value at Risk	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ VALUE AT RISK	28
3.1 Η μέθοδος της Ιστορικής Προσομοίωσης (Historical Simulation).....	29
3.1.1 Υπολογισμός της VaR με τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης.....	30
3.1.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Ιστορικής Προσομοίωσης.....	32
3.2 Η μέθοδος της Διακύμανσης–Συνδιακύμανσης (Variance–Covariance)	34
3.2.1 Υπολογισμός της VaR με τη μέθοδο της Διακύμανσης -Συνδιακύμανσης	35
3.2.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης	37
3.3 Η μέθοδος της Μόντε Κάρλο Προσομοίωσης (Monte Carlo Simulation)	38
3.3.1 Υπολογισμός της VaR με τη μέθοδο της Μόντε Κάρλο Προσομοίωσης.....	40
3.3.2 Δομημένη Προσομοίωση Μόντε Κάρλο (Structured Monte Carlo Simulation)....	42
3.3.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Προσομοίωσης Μόντε Κάρλο	44
3.4 Σύγκριση των τριών μεθόδων	44

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ.....	49
4.1 Στόχος της εμπειρικής εφαρμογής	49
4.2 Δεδομένα της εμπειρικής εφαρμογής.....	49
4.3 Υπολογισμός της VaR.....	51
4.3.1 Υπολογισμός της VaR με τη μέθοδο της Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης	52
4.3.2 Υπολογισμός της VaR με τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης.....	53
4.3.3 Υπολογισμός της VaR με τη μέθοδο της Προσομοίωσης Μόντε Κάρλο	55
4.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων της VaR	57
4.5 Επανάλεγχος (Backtesting)	59
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	61
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	63
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	66

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, αρχικά αναλύονται οι διάφοροι χρηματοοικονομικοί κίνδυνοι οι οποίοι δύναται να εμφανιστούν στις χρηματοοικονομικές αγορές, η διαχείριση των οποίων κρίνεται αναγκαία αφού τόσο οι οικονομικές κρίσεις του παρελθόντος όσο και η πρόσφατη διεθνής χρηματοπιστωτική και οικονομική κρίση επέφεραν καταστροφικές οικονομικές συνέπειες, και ανέδειξαν την αναγκαιότητα της διαχείρισης και ποσοτικοποίησης των κινδύνων.

Σκοπός της εργασίας είναι η ποσοτικοποίηση του κινδύνου αγοράς με την εφαρμογή της μεθόδου Αξίας σε Κίνδυνο (Value at Risk - VaR), μέθοδος μέτρησης του συνόλου των χρηματοοικονομικών κινδύνων, και συγκεκριμένα με την εφαρμογή των τριών κυριότερων μεθόδων υπολογισμού της: τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης (Historical Simulation), τη μέθοδο της Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης (Variance-Covariance) και τη μέθοδο της Μόντε Κάρλο Προσομοίωσης (Monte Carlo Simulation).

Αφού πρώτα πραγματοποιείται σε θεωρητικό επίπεδο αναφορά και ανάλυση των τριών μεθοδολογιών, στη συνέχεια γίνεται εφαρμογή των μεθόδων αυτών στο Γενικό Δείκτη του χρηματιστηρίου των ΗΠΑ S&P500. Τα αποτελέσματα των εκτιμώμενων ζημιών που δίδουν οι τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις της VaR συγκρίνονται μεταξύ τους και τέλος, μέσω επανελέγχου (backtesting), διαπιστώνεται κατά πόσο οι υπολογιζόμενες απώλειες που εκτιμήθηκαν χρησιμοποιώντας τις τρεις μεθοδολογίες της VaR ανταποκρίνονται στις απώλειες που σημειώθηκαν στην πραγματικότητα.

ABSTRACT

In this dissertation, first we analyze the different financial risks that may arise in financial markets, the management of which is necessary since both the economic crises of the past and the recent global financial and economic crisis led to disastrous economic consequences, and highlighted the necessity of managing and quantifying risks.

The aim of this study is to quantify market risk by applying the Value at Risk method (VaR), method of measuring all financial risks. We implement three main calculation methods: the Historical Simulation method, the Variance-Covariance method and the method of Monte Carlo Simulation.

After performing a theoretical reference and analysis of the three methodologies, we apply these methods to the General Index of the US S&P500. The results of the estimated losses are provided under the three different approaches and finally through backtesting, we show whether the estimated losses met the losses that occurred in reality.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διαχείριση των χρηματοοικονομικών κινδύνων είναι ένας τομέας που τα τελευταία χρόνια έχει γνωρίσει μεγάλη ανάπτυξη, λόγω της αστάθειας που χαρακτηρίζει τις διεθνείς χρηματοοικονομικές αγορές. Η κάθε επένδυση σε χρηματοοικονομικά μέσα, ελλοχεύει κινδύνους, ο βαθμός των οποίων είναι άμεσα εξαρτώμενος από τη φύση της εκάστοτε επένδυσης. Στόχος της Διαχείρισης Κινδύνων (Risk Management) είναι όχι η αποφυγή ενός κινδύνου αλλά η ποσοτικοποίηση του, προκειμένου αυτός ο κίνδυνος να ελαχιστοποιηθεί.

Σκοπός των επιχειρήσεων είναι η αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση καταστάσεων που παρουσιάζουν αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης απωλειών. Για το σκοπό αυτό είναι απαραίτητος ο εντοπισμός και καθορισμός της σημαντικότητας των κινδύνων. Η πιο δημοφιλής μέθοδος διαχείρισης χρηματοοικονομικού κινδύνου είναι η Αξία σε Κίνδυνο (Value at Risk), η οποία αποτελεί και το κύριο θέμα της εργασίας.

Η VaR, αποτελεί μέθοδο μέτρησης του συνόλου των χρηματοοικονομικών κινδύνων που αναλαμβάνει ένας χρηματοοικονομικός οργανισμός ή εμπεριέχει ένα χαρτοφυλάκιο. Με τη μέθοδο VaR μετράται η πιθανή ή αναμενόμενη ζημιά και κατά συνέπεια η μείωση της αξίας ενός χαρτοφυλακίου ή η μείωση της αξίας ενός χρηματοοικονομικού οργανισμού, εντός συγκεκριμένου χρονικού ορίζοντα ή για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο και εντός συγκεκριμένου διαστήματος στατιστικής εμπιστοσύνης.

Πρωτοεφαρμοσμένη από την J.P. Morgan, η VaR έχει γνωρίσει ιδιαίτερη απήχηση τα τελευταία χρόνια λόγω της ευκολίας που παρουσιάζει στη χρήση και στην ερμηνεία της. Πολλοί οργανισμοί έχουν διαπιστώσει ότι οι πρακτικές χρήσεις και τα οφέλη της, την καθιστούν ως ένα πολύτιμο εργαλείο υποστήριξης λήψης αποφάσεων σε μια ολοκληρωμένη διαδικασία διαχείρισης κινδύνων (Culp et al., 1998).

Σκοπός της εργασίας είναι η παρουσίαση και ανάλυση της μεθόδου Αξίας σε Κίνδυνο για την μέτρηση του κινδύνου αγοράς, με ιδιαίτερη έμφαση στις τρεις κύριες μεθόδους υπολογισμού της: τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης, τη μέθοδο της Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης (Δέλτα - Κανονική) και τη μέθοδο της Προσομοίωσης Μόντε Κάρλο, οι οποίες αρχικά αναλύονται σε θεωρητικό επίπεδο και στη συνέχεια εφαρμόζονται σε πραγματικά δεδομένα για τον Γενικό Δείκτη του Χρηματιστηρίου των ΗΠΑ, τον S&P500 (Standars & Poor's 500).

Κύριος στόχος της εμπειρικής εφαρμογής είναι η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν από την εφαρμογή των τριών μεθόδων, εξετάζοντας στο τέλος ποια μεθοδολογία μέτρησης θα φέρει τα πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων γίνεται μέσα από διαδικασία επανελέγχου σε πραγματικές απώλειες που παρουσίασε ο Γενικός Δείκτης.

Η εφαρμογή των τριών μεθοδολογιών για την εκτίμηση της VaR του S&P500 και ο επανέλεγχος των ζημιών που εκτιμήθηκαν, έγιναν σε περιβάλλον excel με τη χρήση εντολών.

Αναλυτικότερα, η δομή της παρούσας διατριβής έχει ως ακολούθως:

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην έννοια του κινδύνου και αναπτύσσονται τα διάφορα είδη χρηματοοικονομικών κινδύνων. Επίσης, παρουσιάζονται οι διάφορες προσεγγίσεις που εμφανίστηκαν διαχρονικά για τη μέτρηση των χρηματοοικονομικών κινδύνων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η Αξία σε Κίνδυνο. Πιο συγκεκριμένα, στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια ιστορική αναδρομή της εμφάνισης της μεθόδου, επεξηγείται η έννοιά της, αναφέρονται οι εφαρμογές της και τέλος τα πλεονεκτήματα καθώς και οι αδυναμίες που παρουσιάζει.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται οι μέθοδοι υπολογισμού της VaR, της Ιστορικής Προσομοίωσης, της Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης (Δέλτα-Κανονικής) και της Προσομοίωσης Μόντε Κάρλο. Επίσης, αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που παρουσιάζει η κάθε μία μέθοδος ξεχωριστά και πραγματοποιείται σύγκριση των μεθόδων.

Το τέταρτο κεφάλαιο, αποτελεί την εμπειρική εφαρμογή της διατριβής. Στο κεφάλαιο αυτό υπολογίζεται η VaR με την εφαρμογή των τριών μεθοδολογιών σε πραγματικά δεδομένα. Γίνεται σύγκριση των εκτιμήσεων που δίδουν και εξετάζεται με επανέλεγχο η ακρίβεια των αποτελεσμάτων τους.

Τέλος, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εμπειρική εφαρμογή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ

1.1 Είδη Χρηματοοικονομικών Κινδύνων

Ως *κίνδυνος* ορίζεται η πιθανότητα πρόκλησης οικονομικής ζημιάς, εξαιτίας ενός μη αναμενόμενου γεγονότος (Μελάς, 2009). Οι χρηματοοικονομικοί κίνδυνοι συγκεκριμένα, αναφέρονται στους κινδύνους που σχετίζονται με πιθανές οικονομικές ζημιές που μπορούν να συμβούν στις χρηματοοικονομικές αγορές. Είναι συνυφασμένοι με τις διακυμάνσεις των αγορών, οι οποίες παρατηρούνται και στις καθοδικές κινήσεις των χρηματοοικονομικών αγορών αλλά και στις περιόδους ανόδου. Οι ζημιές που μπορεί να προέλθουν από τους κινδύνους αυτούς είναι συνάρτηση του ύψους των διακυμάνσεων και της έκθεσης στις διακυμάνσεις αυτές και στις πηγές από τις οποίες προέρχονται (Δούμπος, 2006).

Γενικά, οι χρηματοοικονομικοί κίνδυνοι ταξινομούνται στις ευρύς κατηγορίες των κινδύνων αγοράς, πιστωτικών κινδύνων, κινδύνων ρευστότητας και λειτουργικών κινδύνων.



Πίνακας 1.1: Είδη Χρηματοοικονομικών Κινδύνων (Πηγή: <http://www.simplilearn.com>)

1.2 Κίνδυνος αγοράς (Market Risk)

Ο Κίνδυνος Αγοράς (Jorion, 2007), αντανακλάται στη μεταβλητότητα της αξίας ενός χαρτοφυλακίου επενδύσεων, η οποία οφείλεται στις αλλαγές των αγοραίων τιμών των στοιχείων του ενεργητικού ενός οργανισμού. Αυτός ο τύπος κινδύνου είναι περισσότερο ορατός στις δραστηριότητες διαπραγμάτευσης μετοχικών και ομολογιακών τίτλων στη δευτερογενή αγορά ή στο «άνοιγμα» θέσεων σε συνάλλαγμα.

Ο κίνδυνος αγοράς μπορεί να πάρει δύο μορφές: την απόλυτη, σε χρηματικούς όρους (ευρώ) και τη σχετική, σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς (ένα δείκτη). Η πρώτη μορφή δίνει έμφαση στη μεταβλητότητα των εσόδων ως συνολικό ποσό ενώ η δεύτερη μετράει τον κίνδυνο σε όρους απόκλισης από τον δείκτη αναφοράς.

Μπορεί να διαχωριστεί σε Άμεσο/Κατευθυντικό κίνδυνο (Directional Risk) και σε Έμμεσο/Μη Κατευθυντικό κίνδυνο (Nondirectional Risk). Οι άμεσοι κίνδυνοι περιλαμβάνουν την έκθεση στην πορεία βασικών χρηματοοικονομικών μεταβλητών, όπως τιμές μετοχών, τιμές συναλλάγματος, τιμές αγαθών και επιτόκια. Η έκθεση στους κινδύνους αυτούς μετράται με γραμμικές προσεγγίσεις, όπως το βήτα (beta) για μεταβολές σε τιμές μετοχών, duration/modified duration για τα επιτόκια και το δέλτα (delta) για τα δικαιώματα προαίρεσης (options). Οι έμμεσοι κίνδυνοι περιλαμβάνουν τους κινδύνους που αποτελούνται από έκθεση σε μη-γραμμικά προϊόντα (παράγωγα) ή σε θέσεις αντιστάθμισης και μετρούνται με την κυρτότητα (convexity) όσον αφορά τα επιτόκια και με το γάμα (gamma) όσον αφορά τα δικαιώματα (Jorion, 2007).

Ο κίνδυνος αγοράς διακρίνεται σε τέσσερις επιμέρους κινδύνους (Crouhy et al., 2006):

- **Κίνδυνος επιτοκίου**, που προκαλείται από τις αλλαγές στα επιτόκια της αγοράς. Συνήθως η τιμή ενός τίτλου σταθερού εισοδήματος, όπως ομόλογα (bonds), εξαρτάται κατά πολύ από αυτές των επιτοκίων. Οι αυξομειώσεις στις τιμές των επιτοκίων είναι αντιστρόφως ανάλογες με τις τιμές των αξιόγραφων όταν οι υπόλοιποι παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές παραμένουν σταθεροί. Για παράδειγμα, όταν τα επιτόκια της αγοράς αυξηθούν, η αξία ενός ομολόγου που προσφέρει σταθερή πληρωμή επιτοκίου πέφτει. Ο Hull (2012) τονίζει ότι η διαχείριση των κινδύνων επιτοκίων είναι πιο περίπλοκη από ότι η διαχείριση του κινδύνου που απορρέει από άλλες μεταβλητές της

αγοράς, όπως οι τιμές των μετοχών, συναλλαγματικές ισοτιμίες και τις τιμές των βασικών εμπορευμάτων.

- **Κίνδυνος μετοχών**, ο οποίος σχετίζεται με τη μεταβλητότητα των τιμών των μετοχών. Ο γενικός κίνδυνος της αγοράς μετοχών αναφέρεται στην ευαισθησία της αξίας ενός αξιόγραφου σε μεταβολές της αξίας του χαρτοφυλακίου της αγοράς. Σύμφωνα με τη θεωρία του χαρτοφυλακίου, ο κίνδυνος αγοράς, όπως ο συστηματικός κίνδυνος, μπορεί να μην εξαλειφθεί μέσω της διαφοροποίησης του χαρτοφυλακίου, ενώ ο μη συστηματικός κίνδυνος μπορεί να διαφοροποιηθεί εντελώς.
- **Κίνδυνος συναλλάγματος**, που προκύπτει από ανοικτές ή ατελώς αντισταθμιζόμενες θέσεις σε ένα συγκεκριμένο ξένο νόμισμα. Προέρχεται δηλαδή από τις μεταβολές των συναλλαγματικών ισοτιμιών και αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες κινδύνου των μεγάλων πολυεθνικών επιχειρήσεων, αφού επηρεάζει μέρος της αξίας μιας επένδυσης.
- **Κίνδυνος εμπορευμάτων**, που προέρχεται από τις μεταβολές του επιπέδου των τιμών των προϊόντων και αφορά τον κίνδυνο μεταβολής των εμπορευμάτων, όπως των μετάλλων ή του σίτου. Τα εμπορεύματα αποτελούν συνήθως αντικείμενο διαπραγμάτευσης σε αγορές όπου η παροχή των περισσότερων βασικών αγαθών έγκειται στα χέρια λίγων, γεγονός το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα ρευστότητας, και οι αλλαγές στις ποσότητες προσφοράς και ζήτησης να έχουν ως αποτέλεσμα αμεσότερες επιδράσεις στο επίπεδο και τη διακύμανση των τιμών.

1.3 Πιστωτικός Κίνδυνος (Credit Risk ή Default Risk)

Ο κίνδυνος αυτός αναφέρεται στην πιθανή αδυναμία ή απροθυμία του ενός από τα συναλλασσόμενα μέρη να εκπληρώσει τις υποχρεώσεις του. Οι ζημιές που προκύπτουν στην αγοραία αξία μιας χρηματοοικονομικής θέσης εξαιτίας του πιστωτικού κινδύνου αφορούν το κόστος αναπλήρωσης των χρηματικών ροών λόγω της αφερεγγυότητας του άλλου μέρους αλλά δύνανται να επωμιστούν και πριν την αθέτηση. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το μέγεθος που παρουσιάζει την έκταση της ζημιάς είναι το Ποσοστό Ανάκτησης (Recovery Rate), το οποίο εκφράζει το ποσοστό της ονομαστικής ή αγοραίας αξίας των απαιτήσεων του δανειστή που τελικά θα ικανοποιηθεί. Συνήθως, πριν την διεκπεραίωση της πίστωσης, ο αντισυμβαλλόμενος αξιολογείται με βάση τον Βαθμό Πιστοληπτικής Ικανότητας (Credit Rating) που τον διακρίνει.

Στον Πιστωτικό Κίνδυνο βρίσκονται εκτεθειμένα τα ομόλογα, τα δάνεια και τα παράγωγα. Σε απλές περιπτώσεις, η έκθεση στον Πιστωτικό Κίνδυνο μπορεί να μετρηθεί ως η ονομαστική αξία της οφειλής. Στην περίπτωση όμως παράγωγων χρηματοοικονομικών προϊόντων, όπως, για παράδειγμα, οι Συμβάσεις Ανταλλαγής (swaps), η έκθεση είναι πολύ μικρότερη, διότι η αρχική αξία ενός swap είναι εν γένει μηδενική. Σε αυτήν την περίπτωση, η έκθεση μετράται ως η μεταβολή της αξίας της θέσης, αν αυτή είναι θετική όταν συμβεί η αθέτηση (default). Κατά συνέπεια, η μέτρηση του Πιστωτικού Κινδύνου για τα swaps απαιτεί λεπτομερή ανάλυση της συσχέτισης Κινδύνου Αγοράς και Πιστωτικού Κινδύνου.

Ένα είδος Πιστωτικού Κινδύνου είναι ο Κυβερνητικός Κίνδυνος (Sovereign Risk). Πρόκειται για τον κίνδυνο που αντιμετωπίζει ένας επενδυτής από μία ξένη κυρίαρχη κυβέρνηση ή την κεντρική τράπεζα ενός κυρίαρχου κράτους, όσον αφορά τους ενδεχόμενους περιορισμούς που μπορεί να επιβάλλουν στα περιουσιακά του στοιχεία. Για παράδειγμα, μετά από μία βίαιη πολιτική μεταβολή ή μια οικονομική κρίση, δεσμεύονται από την κυβέρνηση προσωρινά ή μόνιμα οι περιουσίες των ξένων επενδυτών ή, λόγω αδυναμίας αποπληρωμής του δημόσιου χρέους, δεσμεύονται οι τραπεζικές καταθέσεις για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Επιπλέον, απαγορεύεται προσωρινά η εξαγωγή από τη χώρα των κερδών ξένων εταιριών και αναβάλλεται η εξόφληση των εκδοθέντων κρατικών εντόκων γραμματίων και ομολόγων, ακόμη και αυτών που κατέχονται από ξένους επενδυτές.

Μία άλλη έκφανση του Πιστωτικού Κινδύνου είναι ο Κίνδυνος Διακανονισμού (Settlement Risk). Πρόκειται για μια ειδική μορφή Πιστωτικού Κινδύνου που προκύπτει από τη μη ταυτόχρονη ανταλλαγή πληρωμών, ή πληρωμής και παράδοσης χρεογράφου, και υποδηλώνει την πιθανότητα πραγματοποίησης ζημιών λόγω αδυναμίας συμψηφισμού ορισμένων συναλλαγών.

Μερικοί τρόποι αντιμετώπισης του πιστωτικού κινδύνου είναι η δημιουργία ανώτατων και κατώτατων ορίων σε παρούσες και μελλοντικές θέσεις, ο κατάλληλος προγραμματισμός αναγκών σε χρηματικές ροές καθώς και η απαίτηση εξασφαλίσεων (collateral) (Jorion, 2007).

1.4 Κίνδυνος Ρευστότητας (Liquidity Risk)

Ο Κίνδυνος Ρευστότητας αναφέρεται στο πόσο εύκολα μπορούμε να αγοράσουμε ή να πωλήσουμε ένα χρηματοοικονομικό τίτλο και στη ζημιά που επωμιζόμαστε όταν χρειαστεί να τον ρευστοποιήσουμε σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Ο κίνδυνος ρευστότητας περιλαμβάνει δύο είδη κινδύνου:

- α) τον Κίνδυνο Ρευστότητας Επένδυσης (Asset Liquidity Risk ή Market/Product Liquidity Risk)
- β) τον Κίνδυνο Ρευστότητας Κεφαλαίου (Funding Liquidity Risk ή Cash-Flow Risk).

Το πρώτο είδος αναφέρεται στον κίνδυνο μια συναλλαγή να διενεργηθεί σε τιμές της αγοράς που δεν είναι ευνοϊκές είτε λόγω του μεγέθους της θέσης, είτε του είδους των τίτλων, είτε του «βάθους» της αγοράς (όσο μεγαλύτερο τόσο μεγαλύτερη είναι και η αναγκαστική ρευστοποίηση). Ο κίνδυνος αυτός είναι διαφορετικός για κάθε είδος επένδυσης και εξαρτάται από τις συνθήκες που επικρατούν στην αγορά. Ορισμένες επενδύσεις, όπως κυρίως νομίσματα και κρατικά ομόλογα (Treasury Bonds), διαπραγματεύονται στα πλαίσια ώριμων αγορών και μπορούν να ρευστοποιηθούν εύκολα, χωρίς μεγάλες επιπτώσεις στην τιμή τους. Υπάρχουν όμως επενδύσεις, όπως οι Μετοχές Αναδυόμενων Αγορών (Emerging Market Equities), οποιαδήποτε συναλλαγή των οποίων μπορεί να επηρεάσει άμεσα την τιμή τους. Καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει πάντα ο όγκος της επένδυσης.

Το δεύτερο είδος, αναφέρεται στην αδυναμία ενός χρηματοοικονομικού ιδρύματος να εκπληρώσει τακτικές ή έκτακτες πληρωμές, γεγονός που οδηγεί στην πρόωρη ρευστοποίηση, μετατρέποντας τις ζημιές «στα χαρτιά» σε πραγματικές ζημιές. Αυτό το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα έντονο σε χαρτοφυλάκια που υφίστανται Μόχλευση¹ (Leverage) και υπόκεινται σε Απαιτήσεις Πρόσθετου Περιθωρίου (Margin Call) από τους δανειστές. Ο Κίνδυνος Ρευστότητας Κεφαλαίου αλληλεπιδρά με τον Κίνδυνο Ρευστότητας Επένδυσης στις περιπτώσεις που το χαρτοφυλάκιο περιλαμβάνει επενδύσεις οι οποίες δεν ρευστοποιούνται εύκολα και πρέπει να πωληθούν με έκπτωση. Για να αντιμετωπιστεί ο Κίνδυνος Ρευστότητας

¹ Μόχλευση είναι ο βαθμός στον οποίο ένας επενδυτής αναλαμβάνει επενδυτικό κίνδυνο μεγαλύτερο από το κεφάλαιό του. Κύριο χαρακτηριστικό της μόχλευσης είναι ότι σχετικά μικρές διακυμάνσεις στην τιμή των υποκειμένων αξιών οδηγούν σε πολλαπλάσιες ζημιές ή κέρδη. Η επένδυση μέσω μόχλευσης μπορεί να αποβεί εξαιρετικά επικίνδυνη διότι μπορεί ο επενδυτής να χάσει μεγαλύτερο ποσό από το αρχικά επενδύμενο κεφάλαιό του (<http://www.atlanticfs.com/attachments/article/3/Financial%20Instruments%20and%20Risks%20GR.pdf>)

Κεφαλαίου απαιτείται κατάλληλος προγραμματισμός εσόδων και εξόδων, ώστε να εξασφαλίζεται επάρκεια ρευστών διαθεσίμων (Jorion, 2007).

1.5 Λειτουργικός Κίνδυνος (Operational Risk)

Ο Λειτουργικός Κίνδυνος (Jorion, 2007) αναφέρεται στις απώλειες που μπορεί να προκύψουν λόγω της ανεπάρκειας των συστημάτων και των εσωτερικών ελέγχων, των ανθρώπινων σφαλμάτων, των αποτυχιών της διοίκησης και ενδεχομένων δυσχερειών μεταξύ των βασικών παραγόντων της εταιρικής διοίκησης. Τέτοια προβλήματα μπορεί να προκύψουν από την αδυναμία ανάληψης προληπτικής δράσης.

Ο συγκεκριμένος κίνδυνος, ο οποίος προκύπτει από ανθρώπινα ή τεχνικά λάθη και ατυχήματα στις καθημερινές λειτουργίες της επιχείρησης, αναφέρεται σε περιπτώσεις απάτης όπου οι συναλλασσόμενοι δίνουν ενσυνείδητα ψεύτικες πληροφορίες, σε αποτυχία διοίκησης και σε ανεπαρκείς διαδικασίες και ελέγχους. Τα τεχνικά λάθη οφείλονται σε κατάρρευση των πληροφοριακών συστημάτων και των διαδικασιών συναλλαγών ή γενικότερα σε οποιοδήποτε πρόβλημα στις λειτουργίες του back office, που έχει να κάνει με την καταγραφή των συναλλαγών. Άλλες μορφές Λειτουργικού Κινδύνου είναι οι φυσικές καταστροφές, όπως οι πυρκαγιές και οι σεισμοί.

Ένα σημαντικό είδος του Λειτουργικού Κινδύνου αφορά στον Τεχνολογικό Κίνδυνο, δηλαδή στον κίνδυνο βλάβης ή ανεπάρκειας των συστημάτων τεχνολογίας πληροφορικής. Το γεγονός αυτό καθιστά αναγκαία την προστασία των συστημάτων από ενδογενείς δυσχέρειες ή εξωτερικές παρεμβάσεις. Επίσης, συνδέεται με τις μεταβολές του λειτουργικού κόστους (Διαχειριστικός Κίνδυνος). Η υπερβολική αύξηση του λειτουργικού κόστους προκαλεί αυξημένους κινδύνους σχετικά με την κερδοφορία ενός οργανισμού.

Λειτουργικές δυσχέρειες μπορεί να προκύψουν και από τον Κίνδυνο Μοντέλου (model risk), όταν δηλαδή, το χρησιμοποιούμενο μοντέλο για την αξιολόγηση περίπλοκων παραγώγων είναι λανθασμένο ή οι παράμετροι του είναι εσφαλμένοι. Επίσης, οι λειτουργικοί κίνδυνοι μπορούν να προκαλέσουν πιστωτικό και κίνδυνο αγοράς.

Για τη διαχείριση του λειτουργικού κινδύνου προτείνονται η χρησιμοποίηση πληθώρας πληροφοριακών συστημάτων, ο ξεκάθαρος διαχωρισμός ευθυνών, ο ισχυρός εσωτερικός έλεγχος και η προετοιμασία εναλλακτικών σχεδίων δράσης (Jorion, 2007).

1.6 Μέτρηση Χρηματοοικονομικών Κινδύνων

Η μέτρηση του κινδύνου αποτελούσε και αποτελεί μέχρι και σήμερα ζωτικής σημασίας για την επιβίωση των επιχειρήσεων καθώς χρησιμοποιείται για την αποφυγή δυνητικών καταστροφικών καταστάσεων. Στην ιστορία υπήρξαν διαχρονικά διάφορες μέθοδοι για τη μέτρηση του κινδύνου. Στον πιο κάτω πίνακα απεικονίζεται η εξέλιξη των εργαλείων διαχείρισης κινδύνου για την περίοδο 1938 μέχρι και το 2000. Το 1993 παρατηρείται η εμφάνιση ενός νέου δυναμικού εργαλείου, της Value at Risk (VaR), την οποία θα αναπτύξουμε στα επόμενα κεφάλαια, αφού η μελέτη μας επικεντρώνεται στη μέτρηση του κινδύνου αγοράς με τη μέθοδο της VaR.

1938	Bond duration
1952	Markowitz mean-variance framework
1963	Sharpe's single-factor beta model
1966	Multiple-factor models
1973	Black-Scholes option pricing model, "Greeks"
1983	RAROC, risk-adjusted return
1986	Limits on exposure by duration bucket
1988	Limits on "Greeks"
1992	Stress testing
1993	Value-at-Risk (VaR)
1994	RiskMetrics
1997	CreditMetrics
1998-	Integration of credit and market risk
2000-	Enterprisewide risk management

Πίνακας 1.2: Διαχρονική παρουσίαση μεθοδολογιών διαχείρισης κινδύνου (Πηγή: Jorion, 2007, σ. 16)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΞΙΑ ΣΕ ΚΙΝΔΥΝΟ (VALUE AT RISK – VaR)

2.1 Ιστορική αναδρομή της Value at Risk

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, η διαχείριση κινδύνου έχει εξελιχθεί σε ένα σημείο όπου θεωρείται ότι είναι μια ξεχωριστή κατηγορία στη θεωρία της χρηματοοικονομικής. Είναι μια σημαντική διαδικασία, η οποία βοηθά στην αποφυγή προβλέψιμων κινδύνων, προστατεύει από λάθος επενδυτικές αποφάσεις και μειώνει τις απώλειες και τις ζημιές από απρόβλεπτα γεγονότα. Η ανάπτυξη της διαχείρισης του κινδύνου στις βιομηχανίες ανατρέχει στην αύξηση της μεταβλητότητας των χρηματοπιστωτικών αγορών τη δεκαετία του 1970. Ο τερματισμός του Bretton Woods συστήματος των σταθερών συναλλαγματικών ισοτιμιών και η ταχεία εξέλιξη της νέας θεωρίας, όπως την ανάπτυξη του μοντέλου Black-Scholes, ήταν μεταξύ των σημαντικών γεγονότων που συνέβαλαν σε αυτή την «επανάσταση διαχείρισης του κινδύνου».

Άλλος παράγοντας που οδήγησε στην αναγκαιότητα διαχείρισης του κινδύνου, είναι το γεγονός ότι η συναλλακτική δραστηριότητα είχε αυξηθεί σημαντικά (Linsmeier & Pearson, 1999, Dowd, 1998). Για παράδειγμα, ο μέσος αριθμός των μετοχών που διαπραγματεύονταν ανά ημέρα αυξήθηκε από 3,5 εκατομμύρια το 1970 σε 40 εκατομμύρια το 1990 (Dowd, 1998). Εξίσου εντυπωσιακή ήταν και η αύξηση της τιμής του δολαρίου των θέσεων σε παράγωγα από \$1.100 δισεκατομμυρίων το 1986 σε \$72.000 δισεκατομμυρίων το 1999 (Jorion, 2007).

Τα πιο πάνω στοιχεία σε συνδυασμό με τα απρόβλεπτα γεγονότα που σημειώθηκαν κατά τη δεκαετία του 1990, όπως οι οικονομικές καταστροφές της βρετανικής τράπεζας Barings (1995, ζημιά 1,3δισ \$), της Orange County (1994, ζημιά 1,8 δισ \$), της Daiwa (1995, ζημιά 1,1 δισ \$) και της Metallgesellschaft (1994, ζημιά 1,3 δισ \$), υπογράμμισαν την ανάγκη για βελτιωμένα εργαλεία διαχείρισης εσωτερικού κινδύνου (Dowd, 1998, Jorion, 2007).

Οι μαθηματικές ρίζες της VaR είχαν ήδη αναπτυχθεί στο πλαίσιο της θεωρίας του χαρτοφυλακίου του Harry Markowitz το 1952. Όμως, παρόλο που τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα είχαν αρχίσει τη δεκαετία του 1970 και 1980 να κατασκευάζουν τα δικά τους μοντέλα διαχείρισης κινδύνων, η VaR δεν είχε καθιερωθεί ως το βασικό μέτρο κινδύνου μέχρι την πρωτοποριακή εργασία της JP Morgan και τη δημοσίευση του συστήματος RiskMetrics το 1994 (Dowd, 1998, Jorion, 2007). Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας,

οι ρυθμιστικές αρχές είχαν αρχίσει να ενδιαφέρονται για την VaR. Σημαντικό ρόλο έπαιξε και η Επιτροπή της Βασιλείας το 1996, η οποία με σχετική τροποποίηση του Capital Accord της (1988) πρότεινε στις τράπεζες να χρησιμοποιούν εσωτερικά μοντέλα VaR για τον υπολογισμό των κεφαλαιακών τους απαιτήσεων (Linsmeier & Pearson, 1999).

Από τότε, η VaR υπήρξε ένα από τα πλέον χρησιμοποιούμενα μέτρα μέτρησης του κινδύνου σε χρηματοπιστωτικά και μη ιδρύματα σε παγκόσμιο επίπεδο και ενώ αρχικά αναπτύχθηκε για τη μέτρηση του κινδύνου αγοράς, η οποία προκαλείται από τις κινήσεις στο επίπεδο ή τη μεταβλητότητα των τιμών των περιουσιακών στοιχείων (Jorion, 2007), σύντομα διαπιστώθηκε ότι η μεθοδολογία VaR μπορεί να εφαρμοστεί για τη μέτρηση και άλλων τύπων κινδύνων, π.χ. κινδύνων ρευστότητας και πιστωτικών κινδύνων (Dowd, 1998).

2.2 Η Έννοια της Value at Risk

2.2.1 Ορισμός της Value at Risk

Ως δημιουργός του όρου Value at Risk θεωρείται ο Till Guldinman, επικεφαλής έρευνας στην J.P. Morgan στα τέλη της δεκαετίας του 1980. Η πρώτη όμως παγκόσμια εμφάνιση του όρου έγινε τον Ιούλιο του 1993 μέσω της έκθεσης 'Recommendations for Derivative Practises and Principles' του Group of Thirty (G-30), στην οποία η VaR ορίστηκε ως το καλύτερο μέτρο του κινδύνου αγοράς των εξωχρηματιστηριακών παραγώγων (Jorion, 2007). Η ευρεία εφαρμογή της έγινε το 1994 διαμέσου του Risk Metrics της J.P.Morgan, ενώ συμπληρώθηκε το 1997 με το Credit Metrics και το 1999 με το Corporate Metrics και Pension Metrics.

Οι Linsmeier και Pearson (1999, σ.3) περιγράφουν την VaR ως ένα ενιαίο, στατιστικό μέτρο των πιθανών απωλειών χαρτοφυλακίου και δίνουν τον ακόλουθο ορισμό:

«Χρησιμοποιώντας μια πιθανότητα του x τοις εκατό και μια περίοδο διακράτησης t ημερών, ένας ορισμός της Αξίας σε Κίνδυνο είναι η απώλεια που αναμένεται να υπερκαλυφθεί με πιθανότητα μόνο x τοις εκατό κατά τη διάρκεια της επόμενης περιόδου t -μέρας».

Σύμφωνα με τον Jorion (2007), η VaR συνοψίζει τη χειρότερη απώλεια σε ένα χρονικό ορίζοντα που δεν θα πρέπει να υπερβαίνει ένα δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης. Η VaR υπολογίζει δηλαδή, τη μέγιστη δυνατή ζημιά που μπορεί να υποστεί ένα χαρτοφυλάκιο για

μία δεδομένη χρονική περίοδο και για ένα δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης. Αποτελεί μέθοδο μέτρησης του συνόλου των χρηματοοικονομικών κινδύνων (επιτοκίων, πιστωτικού, ρευστότητας, συναλλάγματος κ.τ.λ.), που αναλαμβάνει ένας χρηματοοικονομικός οργανισμός ή εμπεριέχει ένα χαρτοφυλάκιο (Αγγελόπουλος, 2010).

Η έννοια της Value at Risk προσδιορίζεται από την πιο κάτω σχέση (Jorion, 2007):

$$P(L > VAR) \leq 1 - c \quad (2.1)$$

Όπου:

P = η πιθανότητα εμφάνισης ενός ενδεχομένου

L = η πραγματική ζημιά

VAR = η μέγιστη αξία του χαρτοφυλακίου που μπορεί να χαθεί σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο και σε κανονικές συνθήκες της αγοράς

c = το διάστημα εμπιστοσύνης

Η βασική ιδέα πίσω από τη VaR είναι απλή, διότι προσφέρει μια απλή ποσοτική μέτρηση του κινδύνου επιδείνωσης του χαρτοφυλακίου. Αποτελεί δηλαδή μια συνοπτική απεικόνιση του κινδύνου της αγοράς ενώ παράλληλα περιλαμβάνει δύο σημαντικά χαρακτηριστικά:

- α) την πιθανότητα, που εκφράζει το πόσο πιθανόν είναι οι ζημιές να είναι μεγαλύτερες από το δεδομένο ποσό,
- β) μετράει τον κίνδυνο σε νομισματικές μονάδες, δηλαδή μετράει το ποσό το οποίο θα χαθεί σε μία δεδομένη χρονική περίοδο, η οποία εξαρτάται από τη χρονική περίοδο για την οποία το χαρτοφυλάκιο παραμένει σταθερό (Καινούργιος, 2002).

2.2.2 Παράμετροι της Value at Risk

Η VaR έχει τρεις σημαντικές παραμέτρους:

- α) το χρονικό ορίζοντα,
- β) το επίπεδο εμπιστοσύνης,
- γ) την περίοδο παρατήρησης.

Η πρώτη παράμετρος, ο χρονικός ορίζοντας, σχετίζεται με το μέσο χρονικό διάστημα που κρατούνται οι τίτλοι στο χαρτοφυλάκιο και με την απαιτούμενη χρονική διάρκεια κανονικής

ή ομαλής ρευστοποίησης του χαρτοφυλακίου. Η τυπική διάρκεια κατοχής είναι μία ή δέκα μέρες. Όμως σε κάποιες περιπτώσεις, ο χρονικός ορίζοντας μπορεί να είναι ένας μήνας ή και μεγαλύτερο διάστημα (Αγγελόπουλος, 2010).

Η δεύτερη παράμετρος, το επίπεδο εμπιστοσύνης, αναφέρεται στο ποσοστό του χρόνου που το χαρτοφυλάκιο δεν θα εμφανίσει ζημιές πιο ψηλές από τις ζημιές που υπολογίστηκαν με την VaR. Τα επίπεδα εμπιστοσύνης γενικά κυμαίνονται μεταξύ 90% και 99% (Αγγελόπουλος, 2010).

Η τρίτη παράμετρος, περίοδος παρατήρησης, αναφέρεται στην επιλογή των περιόδων από τις οποίες θα αντληθούν ιστορικά στοιχεία παραγόντων κινδύνου. Η περίοδος παρατήρησης, μπορεί να είναι ένας μήνας, ένας χρόνος, πέντε χρόνια ή περισσότερο. Συνήθως χρησιμοποιούνται στοιχεία τριών έως πέντε ετών. Η περίοδος παρατήρησης αποτελεί κρίσιμη ρύθμιση για την VaR επειδή έχει σημαντική επίπτωση στο τελικό αποτέλεσμα (Szytar, 2014).

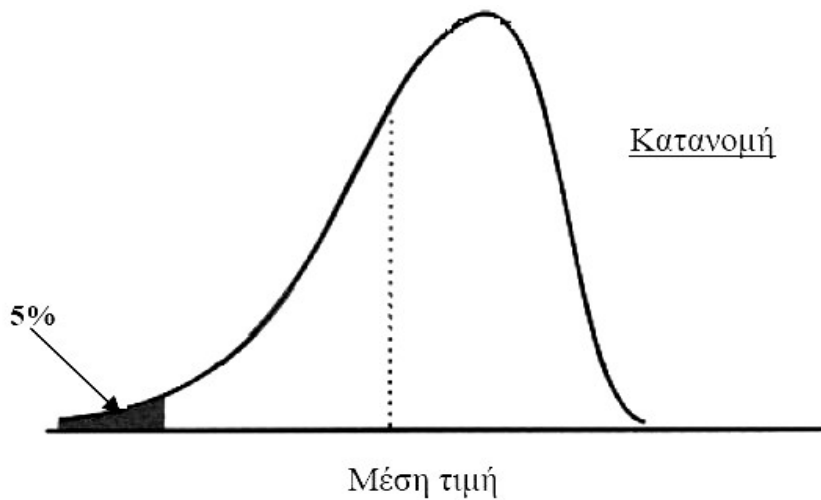
2.2.3 Υπολογισμός της Value at Risk

Υποθέτοντας ότι οι αποδόσεις των περιουσιακών στοιχείων κατανέμονται κανονικά, η VaR μπορεί να απεικονισθεί γραφικά όπως στο Διάγραμμα 2.1. Σε μαθηματικούς όρους, η VaR υπολογίζεται ως εξής (Jorion, 2007):

$$\mathbf{VaR}_i = \alpha * \sigma * W \quad (2.2)$$

Το α αντανακλά το επιλεγμένο επίπεδο εμπιστοσύνης, το σ είναι η τυπική απόκλιση του χαρτοφυλακίου και W η αρχική αξία του χαρτοφυλακίου.

Αν δηλαδή το c είναι το επιλεγμένο διάστημα εμπιστοσύνης, η VaR αναφέρεται στο $1-c$ διάστημα εμπιστοσύνης, στην αριστερή ουρά της κατανομής. Για παράδειγμα, με 95% διάστημα εμπιστοσύνης η VaR πρέπει να είναι τόση ώστε να μην ξεπερνά το 5% του συνολικού αριθμού των παρατηρήσεων στην κατανομή (Καινούργιος, 2002).



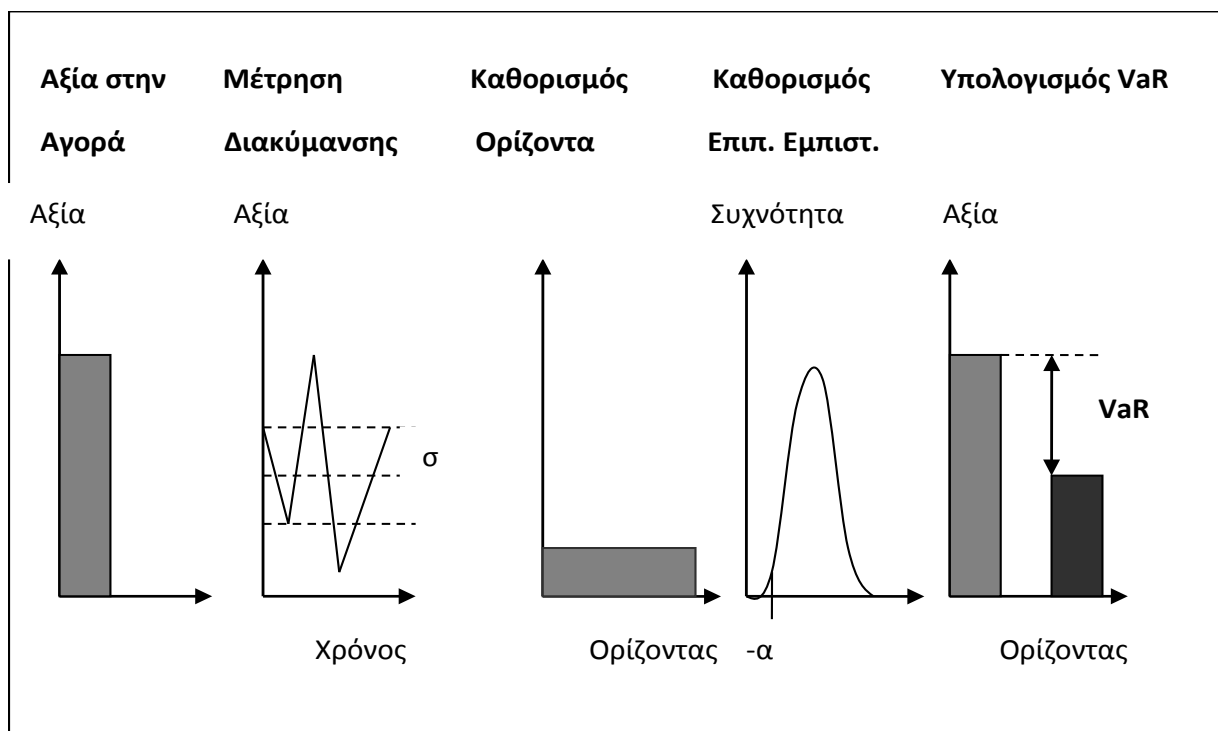
Διάγραμμα 2.1: Διαγραμματική Απεικόνιση της VaR

Η σκιασμένη περιοχή στην αριστερή πλευρά της καμπύλης της κανονικής κατανομής αποτελεί τη μέγιστη ζημιά, π.χ. 1 εκ. ευρώ, στο επιλεγμένο χρονικό διάστημα και για συγκεκριμένο διάστημα στατιστικής εμπιστοσύνης, π.χ. ένας μήνας και 5% αντίστοιχα. Αυτό σημαίνει ότι η πιθανότητα η ζημιά να είναι μεγαλύτερη από το 1 εκ. ευρώ στον επόμενο μήνα είναι 5% ή με άλλα λόγια η ζημιά θα είναι χαμηλότερη του 1 εκ. ευρώ, με πιθανότητα 95% (Αγγελόπουλος, 2010).

Ο υπολογισμός της VaR μπορεί να γίνει με τη χρήση διαφόρων μεθοδολογιών. Οι βασικότερες μεθοδολογίες θα παρουσιαστούν αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο. Τα βήματα που ακολουθούνται σε κάθε περίπτωση, καθώς και η σειρά με την οποία υλοποιούνται, είναι διαφορετικά, αλλά υπάρχουν ορισμένες κοινές διαδικασίες, οι οποίες είναι: (Jorion, 2007)

- Υπολογισμός της αγοραίας αξίας του χαρτοφυλακίου
- Υπολογισμός της διακύμανσης των παραγόντων κινδύνου
- Καθορισμός του χρονικού ορίζοντα υπολογισμού της VaR
- Καθορισμός του επιπέδου εμπιστοσύνης της VaR
- Υπολογισμός της VaR μέσω της επεξεργασίας όλων των προηγούμενων πληροφοριών

Στο πιο κάτω σχήμα απεικονίζονται οι πιο πάνω διαδικασίες που αναφέρθηκαν:



Σχήμα 2.1: Γενική ακολουθία βημάτων υπολογισμού της VaR (Πηγή: Jorion, 2007, σ.107)

Η VaR όπως ήδη αναφέραμε είναι ένας αριθμός που εκφράζει τη μέγιστη αναμενόμενη ζημιά για ένα συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα, ένα δεδομένο διάστημα εμπιστοσύνης (δηλαδή με προεπιλεγμένη πιθανότητα), και δεδομένης της θέσης ή του χαρτοφυλακίου των μέσων υπό κανονικές συνθήκες της αγοράς, που οφείλονται σε μεταβολές της τιμής της αγοράς των χρηματοοικονομικών μέσων. Σε μη κανονικές συνθήκες, ή ακόμη και σε πολλές περιπτώσεις σε κανονικές συνθήκες, η ζημιά μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την υπολογιζόμενη, αφού η VaR αναφέρεται με πιθανότητα (Szytar, 2014).

Για παράδειγμα, μια VaR 5% και 1 εκ. ευρώ παρόλο που σημαίνει ότι εκτιμάται ότι θα υπάρξουν 5% πιθανότητες ότι περισσότερα από 1 εκ. ευρώ θα χαθούν, η ζημιά θα μπορούσε να είναι μεγαλύτερη. Αυτός είναι και ο λόγος που χρησιμοποιείται η προσομοίωση ακραίων καταστάσεων/τεστ αντοχής (stress testing)², ως αντιστάθμιση δηλαδή του συγκεκριμένου περιορισμού της VaR (Szytar, 2014).

² Το Stress Testing ορίζεται ως η διαδικασία ταυτοποίησης και διαχείρισης καταστάσεων που θα μπορούσαν να προκαλέσουν ασυνήθιστα μεγάλες ζημιές και αποσκοπεί στην εκτίμηση των πιθανών οικονομικών ζημιών σε μη φυσιολογικές αγορές (RiskMetrics, 1999).

2.3 Χρήση και εφαρμογές της Value at Risk

Η VaR μπορεί να χρησιμοποιηθεί από όλους τους οργανισμούς οι οποίοι είναι εκτεθειμένοι σε χρηματοοικονομικούς κινδύνους. Η χρησιμότητα των μεθοδολογιών της VaR περιγράφονται πιο κάτω (Jorion, 2007):

- Παθητική χρήση – Πληροφόρηση: Η αρχική εφαρμογή της μεθόδου VaR ήταν η μέτρηση του συνολικού κινδύνου. Η VaR μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκτιμηθεί ο κίνδυνος που απορρέει από αγοραπωλησίες τίτλων και από επενδυτικές δραστηριότητες. Επίσης, η VaR συνοψίζει τους κινδύνους μίας επιχείρησης σε όρους μη τεχνικούς και παράλληλα εύκολα κατανοητούς και χρησιμοποιείται από τη διεύθυνση μέχρι τους μετόχους.
- Αμυντική χρήση – Έλεγχος κινδύνων: Η επόμενη εφαρμογή είναι η χρησιμοποίηση της VaR προκειμένου να τεθούν όρια θέσεων για τις εμπορικές και επιχειρηματικές μονάδες. Το μεγάλο πλεονέκτημα της VaR σε αυτή την περίπτωση είναι ότι δημιουργεί ένα κοινό παρονομαστή σύγκρισης των ριψοκίνδυνων δραστηριοτήτων σε διάφορες αγορές. Η διοίκηση μπορεί να συγκρίνει τις αποδόσεις με τους κινδύνους της αγοράς για διάφορα προϊόντα του χαρτοφυλακίου της, με αποτέλεσμα να είναι σε θέση να αναγνωρίσει τις περιοχές με την υψηλότερη δυνητική απόδοση ανά μονάδα κινδύνου, οπότε ο οργανισμός μπορεί να διοχετεύσει περισσότερο κεφάλαιο.
- Ενεργή χρήση – Διαχείριση κινδύνου: Τα τελευταία χρόνια η μέθοδος VaR χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο από τα πιστωτικά ιδρύματα και τις επιχειρήσεις για τον υπολογισμό του κεφαλαίου που απαιτείται για την αντιμετώπιση των χρηματοοικονομικών κινδύνων. Ακόμη, η VaR μπορεί να βοηθήσει τους διαχειριστές χαρτοφυλακίων να πάρουν καλύτερες αποφάσεις, παρέχοντας τους μια πιο πλήρη εικόνα για το πώς επιδρά μία κίνηση στο συνολικό κίνδυνο του χαρτοφυλακίου.

Ως αποτέλεσμα, η μεθοδολογία VaR χρησιμοποιείται παγκοσμίως από διάφορους οργανισμούς, οι οποίοι αναφέρονται πιο κάτω:

- Χρηματοπιστωτικά Ιδρύματα. Τράπεζες με μεγάλα χαρτοφυλάκια έχουν άμεση ανάγκη από σωστή διαχείριση των διαφόρων κινδύνων. Ιδρύματα, τα οποία έρχονται καθημερινά αντιμέτωπα με πολλές πηγές χρηματοοικονομικών κινδύνων και περίπλοκα χρηματοοικονομικά εργαλεία χρησιμοποιούν τώρα ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης κινδύνων.

- Εποπτικές Αρχές. Η συνετή εποπτεία των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων απαιτεί τη διακράτηση ελαχίστων κεφαλαίων ως αποθεματικά ενάντια στους χρηματοοικονομικούς κινδύνους. Η Επιτροπή της Βασιλείας (Basel Committee), η Ομοσπονδιακή Κεντρική Τράπεζα των ΗΠΑ (U.S. Federal Reserve Bank), η Επιτροπή Κεφαλαιαγοράς των ΗΠΑ (U.S. Securities and Exchange Commission) καθώς και οι ρυθμιστικές αρχές της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν υιοθετήσει τη μέθοδο VaR ως κοινά αποδεκτό μέτρο μέτρησης του κινδύνου.
- Επιχειρήσεις. Ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης κινδύνων είναι χρήσιμο σε κάθε επιχείρηση που είναι εκτεθειμένη σε χρηματοοικονομικούς κινδύνους. Οι πολυεθνικές επιχειρήσεις για παράδειγμα έχουν εισροές και εκροές σε πολλά νομίσματα, με αποτέλεσμα να είναι ευάλωτες σε αντίθετες μεταβολές των συναλλαγματικών ισοτιμιών.
- Διαχειριστές Στοιχείων Ενεργητικού. Οι θεσμικοί επενδυτές έχουν στραφεί τώρα στη μεθοδολογία VaR για να διαχειριστούν καλύτερα τους διάφορους κινδύνους που αντιμετωπίζουν τα χαρτοφυλάκια τους. Με τη VaR έχουν τη δυνατότητα να μετρήσουν τους πιθανούς κινδύνους τόσο σε επίπεδο στοιχείων ενεργητικού όσο και σε επίπεδο μεμονωμένου διαχειριστή.

Επομένως, παρόλο που ο τραπεζικός οργανισμός αποτελεί το κύριο πεδίο εφαρμογής της μεθόδου Value at Risk για την εκτίμηση του κινδύνου αγοράς τραπεζικών χρηματοοικονομικών προϊόντων ή χαρτοφυλακίων περιουσιακών στοιχείων, η VaR χρησιμοποιείται ευρύτατα και από μη χρηματοοικονομικές επιχειρήσεις, ασφαλιστικές εταιρείες, επενδυτές οι οποίες έχουν στην κατοχή τους χαρτοφυλάκια περιουσιακών στοιχείων. Μέσω της VaR τους παρέχεται μία ένδειξη σχετικά με τις μέγιστες ζημιές που αναμένεται να υποστεί το χαρτοφυλάκιό τους για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, και τους δίδεται η δυνατότητα να κρίνουν τον τρόπο με τον οποίο θα ανακαταλείμουν τα ποσοστά συμμετοχής των περιουσιακών στοιχείων στα χαρτοφυλάκιά τους, με σκοπό την επίτευξη ενός επιθυμητού επιπέδου κινδύνου.

2.4 Εργαλεία της Value at Risk

Όπως έχουμε αναφέρει, η VaR εκφράζει τη μέγιστη αναμενόμενη ζημιά που μπορεί να υποστεί ένας επενδυτής σε δεδομένο χρονικό διάστημα και με δεδομένο επίπεδο

εμπιστοσύνης. Επίσης, η VaR αρχικά, αναπτύχθηκε ως μια μεθοδολογία για τη μέτρηση του κινδύνου του χαρτοφυλακίου. Ωστόσο, η VaR μπορεί να χρησιμεύσει πέρα από μία απλή αναφορά ενός ενιαίου αριθμού, γεγονός που με την πάροδο του χρόνου έγινε αντιληπτό.

Όπως αναφέρει ο Jorion (2007) μία τυπική ερώτηση που προκύπτει είναι η εξής: Ποια θέση πρέπει να αλλάξω για να τροποποιήσω την VaR μου πιο αποτελεσματικά; Η απάντηση στην ερώτηση μπορεί να δοθεί μέσω της χρήσης των εργαλείων της VaR χαρτοφυλακίου. Οι διαχειριστές κινδύνου μπορούν να χρησιμοποιούν τη διαδικασία της μεθόδου VaR για την ενεργή διαχείριση του κινδύνου του χαρτοφυλακίου τους.

Εργαλεία της VaR είναι:

1. Οριακή VaR (Marginal VaR)

Η Οριακή VaR μετρά πόσο κίνδυνο μια τοποθέτηση προσθέτει σε ένα χαρτοφυλάκιο. Πιο συγκεκριμένα, η Οριακή VaR μέτρα το κατά πόσο θα μεταβληθεί η VaR ενός χαρτοφυλακίου εάν μια τοποθέτηση αφαιρεθεί στο σύνολο της από το χαρτοφυλάκιο, δηλαδή η Οριακή VaR προκύπτει ως η διαφορά της VaR με την τοποθέτηση και της VaR χωρίς την τοποθέτηση.

2. Αυξητική ή Διαφορική VaR (Incremental VaR - Ivar)³

Η Αυξητική VaR μιας θέσης σε σχέση με ένα χαρτοφυλάκιο μπορεί να γίνει κατανοητή ως το μέγεθος του κινδύνου που η θέση προσθέτει στο χαρτοφυλάκιο. Με άλλα λόγια, η Αυξητική VaR αντικατοπτρίζει σε ποιο βαθμό η VaR του χαρτοφυλακίου θα αλλάξει αν μια συγκεκριμένη θέση πωληθεί και μπορεί να οριστεί ως η διαφορά μεταξύ της VaR του συνόλου του χαρτοφυλακίου και της VaR του χαρτοφυλακίου χωρίς θέση. Η Αυξητική VaR σχετίζεται άμεσα με την Οριακή VaR. Όπως αναφέραμε προηγουμένως, η Οριακή VaR μετρά τη διαφορά στον κίνδυνο του χαρτοφυλακίου που οφείλεται από την αφαίρεση μιας τοποθέτησης στο σύνολο της, ενώ η Αυξητική VaR μετρά την επίδραση μικρών αλλαγών στη στάθμιση των τοποθετήσεων μέσα στο χαρτοφυλάκιο (RiskMetrics, 1999).

3. VaR συστατικού (Component VaR)

Η VaR συστατικού είναι μια διαμέριση της VaR του χαρτοφυλακίου που μας δείχνει πόσο θα μεταβαλλόταν η VaR του χαρτοφυλακίου εάν διαγραφόταν ένα συστατικό του.

³ Η ιδέα της IVaR αναπτύχθηκε από τον Kevin Dowd στο βιβλίο του *Beyond Value at Risk: The new science of risk management* (1998) (<http://www.investopedia.com/>).

2.5 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Value at Risk

Η VaR παρόλο που αποτελεί δημοφιλές εργαλείο οικονομικής ανάλυσης που χρησιμοποιείται ευρύτατα από διεθνή χρηματοπιστωτικά ιδρύματα και επιχειρήσεις για την παρακολούθηση και έλεγχο των επενδυτικών τους θέσεων και παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, χαρακτηρίζεται ωστόσο και από κάποια μειονεκτήματα και η μη κατάλληλη χρήση της μπορεί να οδηγήσει σε μη αποτελεσματικές αποφάσεις διαχείρισης κινδύνου. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται συνοπτικά μερικά από τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της.

Πλεονεκτήματα:

- Παρέχει ένα μέτρο του συνολικού κινδύνου.
- Είναι ένας εύκολος αριθμός να κατανοηθεί και να εξηγηθεί στους πελάτες.
- Είναι χρήσιμη για την παρακολούθηση και τον έλεγχο των κινδύνων εντός του χαρτοφυλακίου.
- Μπορεί να μετρήσει τον κίνδυνο για πολλούς τύπους των χρηματοπιστωτικών τίτλων (δηλαδή, μετοχές, ομόλογα, εμπορεύματα, συνάλλαγμα, εκτός ισολογισμού παράγωγα, όπως συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης, συμβάσεις ανταλλαγής και προθεσμιακά δικαιώματα, κλπ).
- Ως εργαλείο, η VaR είναι πολύ χρήσιμη για τη σύγκριση ένα χαρτοφυλακίου με ένα επιλεγμένο σημείο αναφοράς (Szylar, 2014).
- Διενεργεί προ-υπολογισμό των κινδύνων πριν να συμβούν (Britten and Schaefer, 1999).
- Λαμβάνει υπόψη τους συσχετισμούς και αντισταθμίσεις μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών περιουσιακών στοιχείων ή παράγοντες κινδύνου, και αυτό μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με έναν αριθμό διαφορετικών μοντέλων (Alexander, 2001).

Μειονεκτήματα:

- Δεν κάνει διάκριση μεταξύ των διαφόρων επιπέδων ρευστοποίησης της θέσης της στην αγορά. Στην πραγματικότητα αποτυπώνει μόνο βραχυπρόθεσμους κινδύνους σε κανονικές συνθήκες της αγοράς (Alexander, 2001).
- Χρησιμοποιείται συνήθως για τη μέτρηση των κινδύνων αγοράς σε κανονικές συνθήκες της αγοράς, που σημαίνει ότι η VaR δεν μπορεί να χειριστεί καταστάσεις σε ακραίες συνθήκες της αγοράς. Σε κανονικές συνθήκες της αγοράς, οι μέθοδοι της

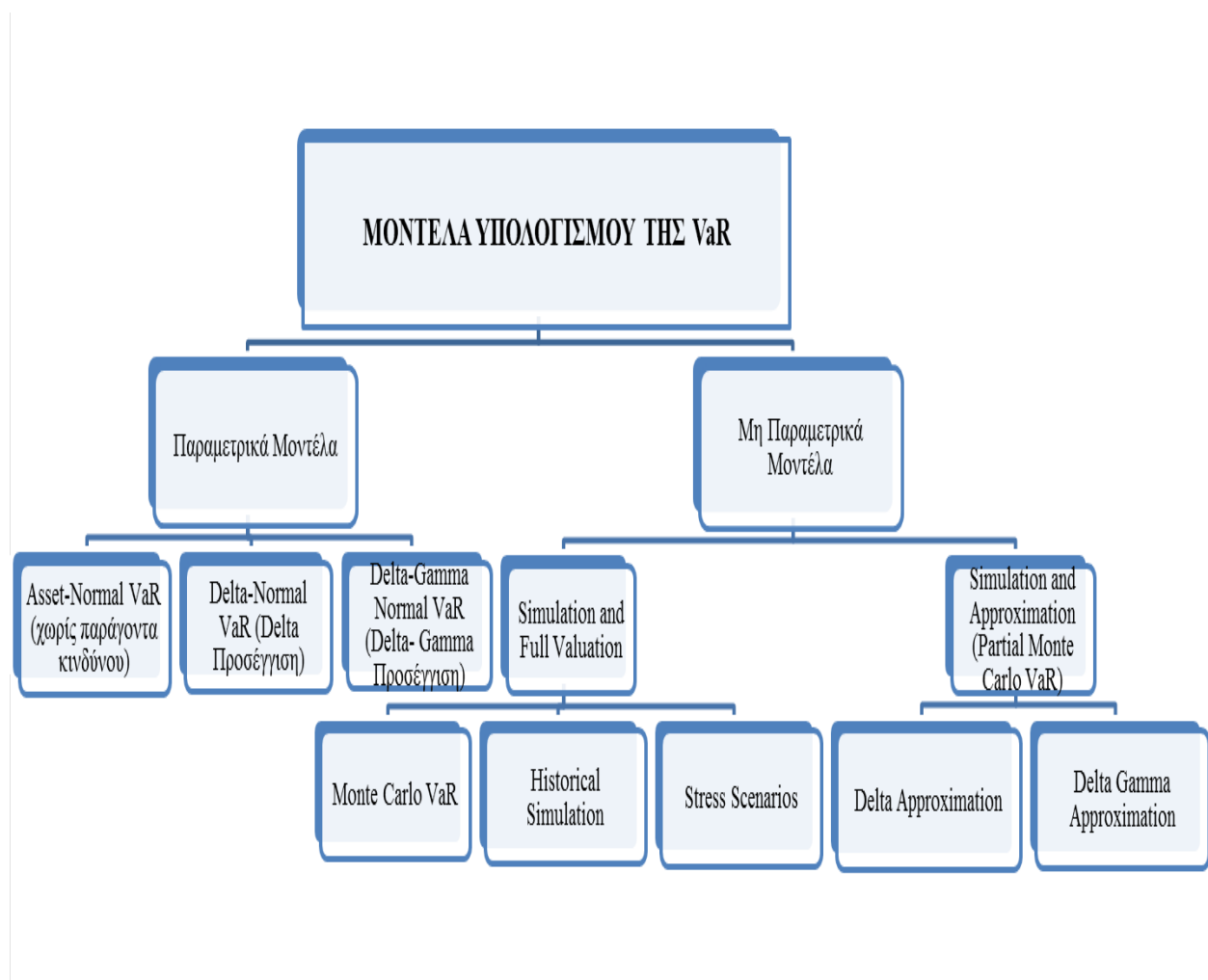
VaR χρησιμοποιούνται πιο αποτελεσματικά λόγω του ότι έχουν ένα μεγάλο αριθμό από τα ιστορικά δεδομένα των συναλλαγών που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση. Ενώ αντίθετα, σε μη κανονικές συνθήκες αγοράς, τα ιστορικά δεδομένα των συναλλαγών σπανίζουν (Crouhy et al., 2001).

- Τα μοντέλα της VaR μπορούν να βασίζονται σε αβάσιμες υποθέσεις, και ορισμένοι κίνδυνοι, όπως το κόστος συμφωνίας επαναγοράς αγνοούνται (Alexander, 2001).
- Το κόστος εφαρμογής ενός πλήρως ολοκληρωμένου συστήματος VaR μπορεί να είναι τεράστιο και υπάρχει ο κίνδυνος ότι οι υπολογισμοί VaR μπορεί να θεωρηθούν ως υποκατάστατο για την καλή διαχείριση του κινδύνου (Alexander, 2001).
- Τα διάφορα μέτρα VaR είναι πολύ ασαφή, επειδή εξαρτώνται από πολλές υποθέσεις σχετικά με τις παραμέτρους του μοντέλου που μπορεί να είναι πολύ δύσκολο είτε να στηριχτούν ή να αντικρουστούν (Alexander, 2001).
- Υπάρχει περίπτωση η VaR να προσφέρει υποεκτιμημένα αποτελέσματα εάν οι αποδόσεις ενός περιουσιακού στοιχείου ή χαρτοφυλακίου μεταβληθούν ξαφνικά χωρίς να είχαν προβλεφθεί, λόγω μιας δοκιμής αλλαγής της υποκείμενης οικονομίας μιας χώρας (Καινούργιος, 2012).
- Βάση της ένδειξης που δίνει η VaR, μπορούμε να γνωρίζουμε με ποσοστό πιθανότητας ότι η απώλεια μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την VaR, αλλά δεν μας δίδεται καμία ένδειξη για το ύψος της απώλειας (Dowd, 1998).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ VALUE AT RISK

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφερθήκαμε στη μέθοδο της δυνητικής ζημιάς Value at Risk, ως μέτρο υπολογισμού της χειρίστης αναμενόμενης απώλειας που μπορεί να συμβεί σε έναν οργανισμό ή μια επιχείρηση σε δεδομένο χρονικό διάστημα, με συγκεκριμένη πιθανότητα, κάτω από κανονικές συνθήκες.

Όσον αφορά τον υπολογισμό της, υπάρχουν διάφορες μεθοδολογίες που συνήθως χωρίζονται σε παραμετρικά και μη παραμετρικά μοντέλα. Τα παραμετρικά μοντέλα βασίζονται σε στατιστικές παραμέτρους του παράγοντα κινδύνου, ενώ τα μη-παραμετρικά μοντέλα είναι μοντέλα προσομοίωσης ή ιστορικά μοντέλα (Ammann & Reich, 2001). Στο πιο κάτω σχήμα παρουσιάζονται οι διάφορες μεθοδολογίες της Value at Risk:



Σχήμα 3.1: Μοντέλα Υπολογισμού της VaR (Πηγή: Ammann & Reich, 2001, σ. 2)

Στις ενότητες που ακολουθούν θα γίνει αναφορά και ανάλυση για τις τρεις κύριες μεθοδολογίες υπολογισμού της VaR, οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

- α) Η μέθοδος της Ιστορικής Προσομοίωσης
- β) Η μέθοδος Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης (Δέλτα – Κανονική)
- γ) Η μέθοδος της Προσομοίωσης Μόντε Κάρλο

3.1 Η μέθοδος της Ιστορικής Προσομοίωσης (Historical Simulation)

Η μέθοδος της ιστορικής προσομοίωσης, όπως υποδηλώνει και το όνομά της, χρησιμοποιεί μια ιστορική προσέγγιση για να βρει την VaR. Είναι μια πολύ δημοφιλής προσέγγιση για την εκτίμηση της VaR επειδή δεν κάνει παραμετρικές υποθέσεις για τη συμπεριφορά των παραγόντων κινδύνου. Υποθέτει μόνο ότι η μελλοντική συμπεριφορά τους θα είναι παρόμοια με την ιστορική συμπεριφορά τους. Οι εκτιμήσεις της ιστορικής VaR βασίζονται μόνο στην πολυμεταβλητή κατανομή των περιουσιακών στοιχείων ή σε παράγοντες κινδύνου που έχουν παρατηρηθεί εμπειρικά, σε ένα δείγμα ιστορικών αποδόσεων (Alexander, 2008). Το δείγμα σε αυτή τη μέθοδο πρέπει να είναι μεγάλο για να σχηματίσει μια ακριβής ιστορική κατανομή των αποδόσεων, όπου σε σύγκριση με άλλες μεθόδους μεγάλα δείγματα δεδομένων δεν είναι τόσο αποφασιστικής σημασίας (Alexander, 2008, Jorion, 2007).

Σύμφωνα με το συγκεκριμένο υπόδειγμα, επιχειρείται η κατασκευή μιας κατανομής των αποδόσεων ενός χαρτοφυλακίου από μία σειρά μεταβολών των αξιών του, η οποία βασίζεται σε μια δεδομένη χρονολογική σειρά ιστορικών αγοραίων τιμών των βασικών εργαλείων που συνθέτουν το χαρτοφυλάκιο, όπως συναλλαγματικές ισοτιμίες, επιτόκια, μετοχές και άλλους εμπορεύσιμους τίτλους κατά την αρχή και το τέλος ενός συγκεκριμένου ορίζοντα. Από την κατανομή των αποδόσεων του χαρτοφυλακίου είναι δυνατό να υπολογιστεί η δυνητική ζημιά του, μέσα σε ένα συγκεκριμένο διάστημα εμπιστοσύνης και για μία δεδομένη χρονική περίοδο (Καινούργιος, 2002).

Η μέθοδος της ιστορικής προσομοίωσης είναι βασικά μια τεχνική προσομοίωσης που κάνει παραδοχές για την κατανομή των αλλαγών στις τιμές και τα επιτόκια της αγοράς. Στην πραγματικότητα κάνει την παραδοχή ότι οι μεταβολές που παρουσιάστηκαν στο παρελθόν είναι αυτές που θα παρουσιαστούν και στο προβλεπόμενο χρονικό ορίζοντα. Παίρνει για παράδειγμα τις αλλαγές που έχουν να κάνουν με ένα πρόσφατο σύνολο τιμών της αγοράς και

τις χρησιμοποιεί για να επαναποτιμήσει το χαρτοφυλάκιο. Όταν γίνει αυτό έχουμε ένα σύνολο επαναποτιμήσεων του χαρτοφυλακίου που ανταποκρίνεται σε πιθανές μελλοντικές τιμές της αγοράς.

Η μέθοδος λειτουργεί παρατηρώντας στοιχεία του παρελθόντος, όπως για παράδειγμα των τελευταίων 5 χρόνων και πραγματοποιεί προσαρμογή αυτών στις τρέχουσες καταστάσεις με μια χρονοσειρά που συσχετίζεται με τις ιστορικές αποδόσεις των επενδύομενων στοιχείων. Οι αποδόσεις αυτές δεν ανταποκρίνονται σε ένα απαραίτητα πραγματικό χαρτοφυλάκιο αλλά ανασυγκροτούν την ιστορία ενός υποθετικού χαρτοφυλακίου χρησιμοποιώντας τρέχουσες θέσεις του χαρτοφυλακίου. Στην περίπτωση που οι αποδόσεις των επενδύομενων στοιχείων ακολουθούν όλες την κανονική κατανομή, το αποτέλεσμα της VaR που υπολογίζεται μέσω της προσομοίωσης με ιστορικές τιμές θα πρέπει να είναι το ίδιο με αυτό που υπολογίζεται με τη μέθοδο της διακύμανσης-συνδιακύμανσης (δέλτα-κανονική). Είναι αναγκαία για κάθε παράγοντα που δημιουργεί κίνδυνο, για χρονοσειρές που περιγράφουν πραγματικές καταστάσεις και για τοποθετήσεις που σχετίζονται με παράγοντες που δημιουργούν τους κινδύνους.

3.1.1 Υπολογισμός της VaR με τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης

Πρόκειται για μια μέθοδο πλήρους αξιολόγησης, η οποία ανατρέχει όπως προαναφέραμε σε ιστορικά δεδομένα, και χρησιμοποιώντας τρέχουσες θέσεις εκτιμά μια κατανομή αποδόσεων ($R_{p,k}$) του χαρτοφυλακίου στο χρόνο για διάφορα σενάρια k (Jorion, 2007):

$$R_{p,k} = \sum_{i=1}^N w_{i,t} R_{i,k} \quad (3.1)$$

Όπου:

k = ο αριθμός σεναρίου εξέτασης

$k_{p,k}$ = η απόδοση του χαρτοφυλακίου p στο σενάριο k

$k_{i,k}$ = η απόδοση του στοιχείου i στο σενάριο k

$w_{i,t}$ = η στάθμιση του στοιχείου i στο σύνολο του χαρτοφυλακίου

N = ο αριθμός των στοιχείων που συμμετέχουν στο χαρτοφυλάκιο

Με αυτόν τον τρόπο δεν αναπαράγεται ένα πραγματικό χαρτοφυλάκιο αλλά δημιουργείται μια χρονοσειρά ενός υποθετικού χαρτοφυλακίου, το οποίο έχει τις ίδιες θέσεις με το

πραγματικό. Στην πραγματικότητα, η ιστορική προσομοίωση χρησιμοποιεί αντί για μεμονωμένες αποδόσεις, καμπύλες αποδόσεων έτσι ώστε να εφαρμόζονται για κάθε σενάριο k οι ιστορικές μεταβολές στις τρέχουσες τιμές:

$$S_{i,k}^* = S_{i,0} + \Delta S_{i,k} \quad (3.2)$$

Όπου:

$S_{i,k}^*$ = η υποθετική μελλοντική αξία του στοιχείου i για το σενάριο k

$S_{i,0}$ = η τρέχουσα αξία του στοιχείου i

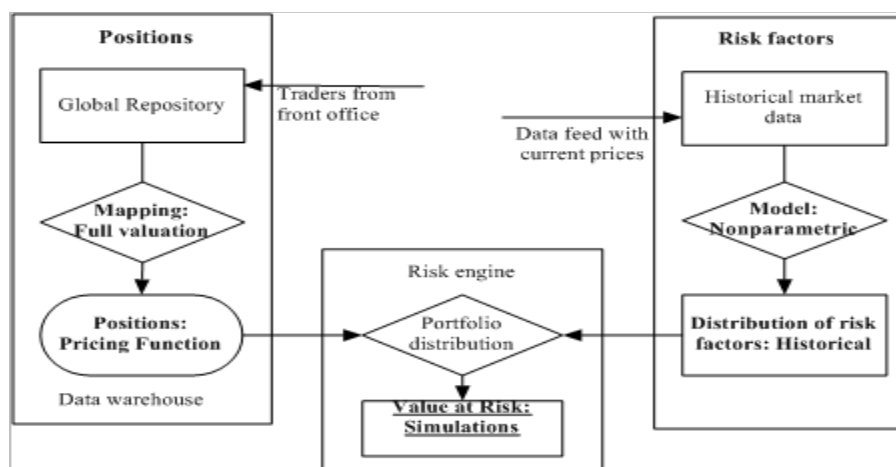
$\Delta S_{i,k}$ = η ιστορική μεταβολή του στοιχείου i στα τρέχοντα επίπεδα για το σενάριο k

Έτσι, υπολογίζεται μια νέα αξία χαρτοφυλακίου $V_{p,k}^*$, η οποία εμπεριέχει και μη γραμμικές σχέσεις και δημιουργείται η υποθετική απόδοση για το σενάριο k :

$$R_{p,k} = (V_{k}^* - V_0) / V_0 \quad (3.3)$$

Η VaR υπολογίζεται από τη συνολική κατανομή των υποθετικών αποδόσεων, στην οποία το κάθε σενάριο έχει τον ίδιο συντελεστή βάρους $1/t$. Η επιλογή της χρονικής περιόδου από όπου θα αντληθούν τα ιστορικά δεδομένα είναι αποτέλεσμα συμβιβασμού ανάμεσα στη μεγαλύτερη ακρίβεια που παρέχουν τα μεγάλα διαστήματα και στο ενδεχόμενο να συμπεριληφθούν παλαιότερα και συνεπώς άσχετα στοιχεία, με αποτέλεσμα να μην φανούν οι πρόσφατες τάσεις (Jorion, 2007).

Το παρακάτω διάγραμμα ροής απεικονίζει τη μέθοδο Ιστορικής Προσομοίωσης.



Διάγραμμα Ροής 3.1: Μέθοδος Ιστορικής Προσομοίωσης (Πηγή: Jorion, 2007, σ. 264)

3.1.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Ιστορικής Προσομοίωσης

Η μέθοδος της Ιστορικής Προσομοίωσης έχει αναμφισβήτητα πολλά πλεονεκτήματα αλλά παρουσιάζει ταυτόχρονα και κάποιες αδυναμίες. Πιο κάτω παρουσιάζονται συνοπτικά μερικά από τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά της.

Πλεονεκτήματα:

- Είναι απλή και σχετικά γρήγορη μέθοδος, καθώς δεν χρειάζεται να υπολογίσει τις συσχετίσεις και τις τυπικές αποκλίσεις των παραγόντων κινδύνου (Lewis, 2012).
- Δεν κάνει καμία υπόθεση για την κατανομή των αποδόσεων των περιουσιακών στοιχείων. Η κατανομή που χρησιμοποιείται στις προσομοιώσεις είναι η πραγματική ιστορική κατανομή που παρατηρήθηκε πρόσφατα, συμπεριλαμβανομένων τυχόν ανωμαλιών, όπως η ασυμμετρία, παχιές ουρές και μη γραμμικότητες που συνδέονται με παράγωγα (Lewis, 2012).
- Η ύπαρξη γραμμικότητας και κανονικής κατανομής δεν είναι υποχρεωτική.
- Η εφαρμογή της σε διαφορετικά εργαλεία ή θέσεις είναι απλή και εύχρηστη, αφού τα ιστορικά δεδομένα που έχουν συλλεχθεί μπορούν να αποθηκευτούν και να χρησιμοποιηθούν αργότερα για επόμενες εκτιμήσεις της ζημιάς (Jorion, 2007).
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάθε τύπο κινδύνου της αγοράς.
- Δεν βασίζεται σε μοντέλα αποτίμησης και δεν υπόκειται στον κίνδυνο ότι τα μοντέλα είναι λάθος (Jorion, 2007).
- Είναι άμεσα εφαρμόσιμη σε κάθε αξιόγραφο ή χαρτοφυλάκιο διαφόρων αξιογράφων.
- Υπάρχει ευκολία στην κατανόηση της προσέγγισης και στην αποδοχή των αποτελεσμάτων της, αφού μπορεί εύκολα να εξηγηθεί στην ανώτερη διοίκηση και σε όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη, αφού τα υποθετικά κέρδη-ζημιές προέρχονται από πραγματικές μεταβολές της αγοράς.

Μειονεκτήματα:

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου της Ιστορικής Προσομοίωσης προέρχονται από δύο κυρίως πηγές (Παρασύρη, 2009):

α) Από την πλήρη εξάρτηση των προσεγγίσεων αυτών στις παρατηρήσεις του παρελθόντος:

- Εάν η περίοδος των δεδομένων ήταν ασταθής, τότε η ιστορική προσομοίωση πιθανόν να υποεκτιμά ή να υπερεκτιμά τον κίνδυνο που αντιμετωπίζουμε στην πραγματικότητα.
- Οι περισσότερες μορφές της ιστορικής προσομοίωσης είναι επιρρεπείς σε εξωπραγματικές παρατηρήσεις.
- Εάν το δείγμα περιλαμβάνει ακραίες ζημιές οι οποίες είναι σχεδόν απίθανο να επαναληφθούν, αυτές οι ζημιές θα επηρεάσουν κατά πολύ το αποτέλεσμα της VaR.
- Στις πιο απλές μορφές της ιστορικής προσομοίωσης είναι αδύνατον να πάρουμε τιμή για την VaR η οποία θα είναι μεγαλύτερη από τη μεγαλύτερη ιστορική ζημιά.
- Το πιο πάνω μειονέκτημα προέρχεται από το γεγονός ότι η μέθοδος της ιστορικής προσομοίωσης δεν λαμβάνει υπόψη της γεγονότα τα οποία μπορεί να υπάρξουν, αλλά δεν υπήρξαν ποτέ κατά την περίοδο στην οποία αναφέρεται το δείγμα.

β) Από το μέγεθος του δείγματος:

- Καταρχήν, υπάρχει διαφωνία σχετικά με το μέγεθος του δείγματος που πρέπει να χρησιμοποιείται. Από τη μια, όσο μεγαλύτερο-παλαιότερο είναι το δείγμα (περισσότερες παρατηρήσεις), τόσο μικρότερος είναι ο κίνδυνος σφάλματος στο δείγμα. Από την άλλη όμως, παλαιότερα δεδομένα έχουν και μικρότερη πιθανότητα να επαναληφθούν.
- Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος του δείγματος, τόσο περισσότερος χρόνος απαιτείται προκειμένου εξωπραγματικές παρατηρήσεις να εξέλθουν του δείγματος.
- Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος του δείγματος, τόσο μεγαλύτερη δυσκολία υπάρχει στην υποστήριξη της υπόθεσης ότι όλα τα ιστορικά δεδομένα έχουν τον ίδιο συντελεστή βαρύτητας, δηλαδή την ίδια συμμετοχή στον υπολογισμό της VAR.
- Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος του δείγματος, τόσο πιο δύσκολο είναι να συγκεντρωθούν τα ιστορικά δεδομένα και τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα για κάποια νέα αξιόγραφα να μην υπάρχουν ιστορικά δεδομένα μεγάλης παλαιότητας.
- Υπάρχει δυσκολία στην εφαρμογή της ιστορικής προσομοίωσης για χρονικούς ορίζοντες μεγαλύτερους της μίας ημέρας. Για παράδειγμα, για να υπολογιστεί η VAR ενός χαρτοφυλακίου τριάντα ημέρες από σήμερα, αν υποθέσουμε ότι το δείγμα μας πρέπει να έχει 100 παρατηρήσεις, χρειάζονται, 3.000 δεδομένα. Επίσης, ένα άλλο πρόβλημα που προκύπτει είναι τι συμβαίνει εάν για ορισμένα νέα χρεόγραφα ή αγορές δεν υπάρχουν τόσο παλαιά στοιχεία.

Μια λύση στα προβλήματα αυτά αποτελεί η μέθοδος «bootstrapping»⁴, με την οποία επιλέγεται τυχαία ένα σύνολο τριάντα παρατηρήσεων από τις 100 τελευταίες και στη συνέχεια η διαδικασία επαναλαμβάνεται 100 φορές. Έτσι δημιουργείται μια κατανομή από 100 περιόδους από το πρόσφατο παρελθόν, κάθε μία εκ των οποίων αποτελείται από τριάντα ημέρες.

3.2 Η μέθοδος της Διακύμανσης–Συνδιακύμανσης (Variance–Covariance)

Η μέθοδος της Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης ή Δέλτα - Κανονική, η οποία είναι παραμετρική μέθοδος, βασίζεται στο σύστημα «RiskMetrics» της JP Morgan και είναι μια εξέλιξη από την ιδέα του Markowitz του κινδύνου του χαρτοφυλακίου (Jorion, 2007). Όπως και με άλλες μεθόδους, η χρήση κινητών μέσων (moving averages) και ποσοστιμορίων (quantiles) χρησιμοποιούνται για να βρεθεί ένα καθημερινό VaR για ένα ορισμένο επίπεδο εμπιστοσύνης. Χρησιμοποιώντας ιστορικά στοιχεία των τιμών για τον υπολογισμό των αποδόσεων, η βασική ιδέα της μεθόδου αυτής είναι ότι οι παρατηρούμενες αποδόσεις είναι κανονικά κατανομημένες (Butler, 1999).

Η μέθοδος αυτή, υποθέτει πως οι παράγοντες κινδύνου κατανέμονται λογαριθμο – κανονικά ή ισοδύναμα και επιτρέπει την εκτίμηση των ενδεχομένων μελλοντικών ζημιών ενός χαρτοφυλακίου, διαμέσου της χρήσης στατιστικών μέτρων στις μεταβλητές αξίες του παρελθόντος και στις συσχετίσεις ανάμεσα στις αλλαγές αυτών των αξιών. Οι μεταβλητές και οι συσχετίσεις των παραγόντων κινδύνου υπολογίζονται για το επιλεγμένο χαρτοφυλάκιο σε μια χρονική περίοδο χρησιμοποιώντας ιστορικά δεδομένα, για παράδειγμα των 5 τελευταίων χρόνων και υπολογίζει διακυμάνσεις και συσχετίσεις για όλους τους παράγοντες που συντελούν στην ύπαρξη του κινδύνου. Ο κίνδυνος του χαρτοφυλακίου προσδιορίζεται από ένα σύνολο στοιχείων που ακολουθούν την κανονική κατανομή και συνδυάζονται γραμμικά μεταξύ τους και με την πρόβλεψη από τον πίνακα της διακύμανσης-συνδιακύμανσης.

⁴ Η μέθοδος παρουσιάστηκε το 1979 από τον Efron. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή οι μελλοντικές αποδόσεις ενός προϊόντος επιλέγονται τυχαία από ένα σύνολο ιστορικών αποδόσεων του προϊόντος. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι δεν χρειάζεται να καθορίσουμε μια στοχαστική διαδικασία βάση της οποίας μεταβάλλονται οι τιμές, άρα δεν διατρέχουμε κίνδυνο το μοντέλο ή οι παράμετροί του να είναι λανθασμένοι (Jorion, 2007).

Βασικά, η μέθοδος της διακύμανσης – συνδιακύμανσης, αφορά τη δημιουργία ενός πίνακα που περιλαμβάνει μια σειρά ιστορικών στοιχείων διακύμανσης και συνδιακύμανσης πάνω σε απλουστευμένα χρηματοοικονομικά εργαλεία, και τη μετέπειτα αναγωγή τους στα συστατικά χρεόγραφα που συνθέτουν ένα χαρτοφυλάκιο. Οι συνολικές χρηματικές ροές οποιουδήποτε χαρτοφυλακίου, γραμμικές ή μη-γραμμικές, μπορεί να μετατραπούν σε ταμειακές ροές μηδενικού τοκομεριδίου (παρούσας αξίας) για απλά εργαλεία και σε ποσά ισοδύναμα του «δέλτα» για παράγωγα εργαλεία, σε μια διαδικασία που ονομάζεται χαρτογράφηση χρηματικών ροών. Αυτό αποτελεί τρόπο τυποποίησης των χρηματικών ροών των περισσότερων χαρτοφυλακίων, με στόχο τη διευκόλυνση της διαδικασίας υπολογισμού της VaR. Με το διαχωρισμό των κινδύνων που χαρακτηρίζουν τις χρηματικές ροές του χαρτοφυλακίου σε τυποποιημένα χρονικά διαστήματα λήξης, γίνεται ευκολότερος ο υπολογισμός της VaR του συνολικού χαρτοφυλακίου, μέσω της χρήσης των στοιχείων της διακύμανσης και της συσχέτισης των συγκεκριμένων τυποποιημένων χρονικών διαστημάτων λήξης (Καινούργιος, 2002).

Αποτελεί την καλύτερη μέθοδο για τον υπολογισμό της VaR για χαρτοφυλάκια με γραμμικές θέσεις και των οποίων οι κατανομές είναι κοντά στην κανονική συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας. Η μέθοδος αυτή μπορεί να μην είναι κατάλληλη για χαρτοφυλάκια με μη γραμμικές θέσεις, δηλαδή η μεταβολή κατά μια μονάδα στην τιμή μιας θέσης του χαρτοφυλακίου δεν επιφέρει ανάλογη μεταβολή στον κίνδυνο του χαρτοφυλακίου, όπως για παράδειγμα χαρτοφυλάκια με δικαιώματα προαίρεσης και αξιόγραφα των οποίων οι αποδόσεις δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή (Hull, 2012).

3.2.1 Υπολογισμός της VaR με τη μέθοδο της Διακύμανσης - Συνδιακύμανσης

Από τη στιγμή που το χαρτοφυλάκιο αποτελείται από τίτλους που ακολουθούν την κανονική κατανομή, ο υπολογισμός της VaR μπορεί να γίνει σχετικά εύκολα. Η απόδοση του χαρτοφυλακίου R σε αυτήν την περίπτωση υπολογίζεται ως εξής (Jorion, 2007):

$$R_{p,t+1} = \sum_{i=1}^N w_{i,t} R_{i,t+1} \quad (3.4)$$

όπου: $w_{i,t}$ είναι ένας συντελεστής που εξαρτάται από το χρόνο για να αναγνωρίζεται η δυναμική του χαρτοφυλακίου.

Όπως διαφαίνεται από την πιο πάνω σχέση, η απόδοση του χαρτοφυλακίου είναι ένας γραμμικός συνδυασμός μεταβλητών που ακολουθούν την κανονική κατανομή, οπότε και εκείνη ερμηνεύεται με την ίδια κατανομή. Χρησιμοποιώντας άλγεβρα πινάκων η διακύμανση σ^2 του χαρτοφυλακίου δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\sigma^2(R_{p,t+1}) = \mathbf{w}'_t \boldsymbol{\Sigma}_{t+1} \mathbf{w}_t \quad (3.5)$$

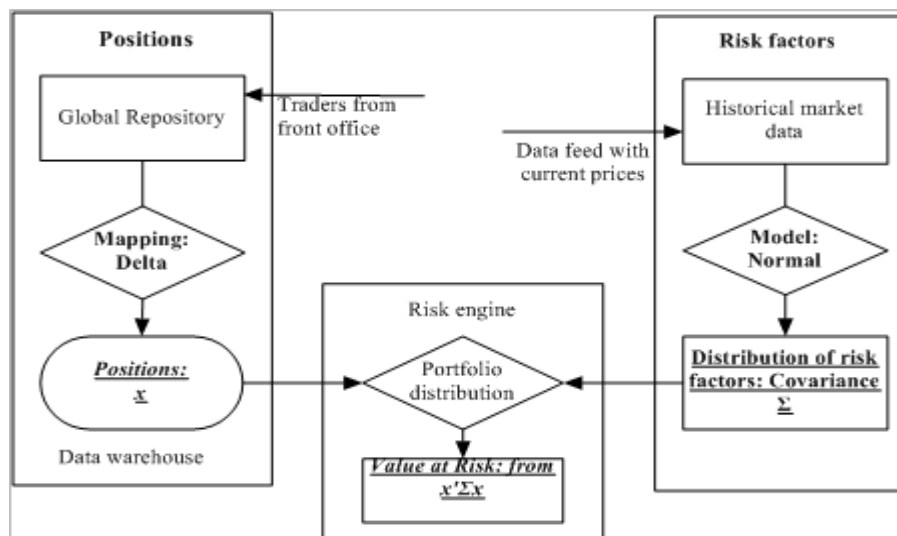
όπου: Σ_{t+1} είναι η πρόβλεψη του πίνακα διακύμανσης στον ορίζοντα της VaR και \mathbf{w}_t ο πίνακας των συντελεστών $\mathbf{w}_{i,t}$.

Τις περισσότερες φορές, η VaR πρέπει να υπολογιστεί για μεγάλα και σύνθετα χαρτοφυλάκια που συνεχώς εξελίσσονται και μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου. Για το λόγο αυτό, η εκτίμηση του πίνακα της διακύμανσης – συνδιακύμανσης μέσω των παραγόντων που συντελούν τον κίνδυνο είναι απαραίτητη. Ο καθορισμός της έκθεσης $X_{i,t}$ σε χρηματικά ποσά όλων των στοιχείων που απαρτίζουν του παράγοντες κινδύνου αποτελεί το τελευταίο βήμα για τον υπολογισμό της VaR, και γίνεται μέσω του πιο κάτω τύπου:

$$VAR = a \sqrt{\mathbf{x}'_t \boldsymbol{\Sigma}_{t+1} \mathbf{x}_t} = a \mathbf{W} \sqrt{\mathbf{w}'_t \boldsymbol{\Sigma}_{t+1} \mathbf{w}_t} \quad (3.6)$$

όπου: a είναι η τυπική κανονική απόκλιση που ανταποκρίνεται στο προκαθορισμένο επίπεδο εμπιστοσύνης.

Στο πιο κάτω διάγραμμα απεικονίζονται λεπτομερώς τα βήματα που ακολουθούνται σε αυτήν την προσέγγιση.



Διάγραμμα Ροής 3.2: Μέθοδος Δέλτα - Κανονική (Πηγή: Jorion, 2007, σ. 261)

Όπως διαφαίνεται από το πιο πάνω διάγραμμα, στο οποίο απεικονίζεται ο τρόπος λειτουργίας της μεθόδου, η μέθοδος της Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης (Δέλτα-Κανονική) απλοποιεί τη διαδικασία υπολογισμού της VaR με:

- Τον καθορισμό μιας λίστας με τους παράγοντες που συντελούν στον κίνδυνο.
- Την αντιστοίχιση της γραμμικής έκθεσης όλων των στοιχείων του χαρτοφυλακίου στους παράγοντες κινδύνου.
- Την συνάθροιση των παραπάνω εκθέσεων των στοιχείων του χαρτοφυλακίου.
- Την εκτίμηση του πίνακα διακύμανσης/συνδιακύμανσης όλων των παραγόντων που συντελούν στον κίνδυνο, είτε με τη χρήση ιστορικών στοιχείων είτε με τη χρήση τεκμαρτών μέτρων κινδύνου από τα δικαιώματα.
- Τον υπολογισμό του συνολικού κινδύνου του χαρτοφυλακίου.

3.2.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης

Πλεονεκτήματα (Jorion 2007):

- Είναι εύκολη στη χρήση, καθώς επιτρέπει την αποτύπωση επιμέρους τμημάτων σύνθετων χαρτοφυλακίων σαν γραμμικούς συνδυασμούς ορισμένων μόνο παραγόντων κινδύνου.
- Είναι υπολογιστικά γρήγορη, ακόμα και με ένα μεγάλο αριθμό περιουσιακών στοιχείων, διότι αντικαθιστά κάθε θέση με τη γραμμική έκθεση του. Τα χαρτοφυλάκια που είναι γραμμικοί συνδυασμοί των κανονικά κατανεμημένων παραγόντων κινδύνου ακολουθούν την κανονική κατανομή. Απαιτεί μόνο τις τιμές της αγοράς και τα ανοίγματα των σημερινών θέσεων, σε συνδυασμό με τα στοιχεία για τους κινδύνους.
- Ως παραμετρική μέθοδος, επιτρέπει περαιτέρω ανάλυση του κινδύνου του χαρτοφυλακίου, καθώς μέσω των υπολογισμών της μπορούν να εκτιμηθούν και παράγωγα μέτρα κινδύνου, όπως η οριακή και η διαφορική ή αυξητική VaR.

Μειονεκτήματα (Jorion, 2007) :

- Προϋποθέτει κανονικότητα της απόδοσης του χαρτοφυλακίου.
- Λόγω της κανονικότητας, εκτιμά μικρότερο αριθμό ακραίων παρατηρήσεων, και άρα μικρότερο κίνδυνο από τον πραγματικό.

- Προϋποθέτει ότι οι παράγοντες κινδύνου ακολουθούν μια πολυμεταβλητή λογαριθμοκανονική κατανομή, και κατά συνέπεια δεν λειτουργεί σωστά σε κατανομές με «πλατιές ουρές» (fat tail distributions).
- Απαιτεί την εκτίμηση της μεταβλητότητας των παραγόντων κινδύνου καθώς και των συσχετίσεων των αποδόσεών τους.
- Δεν μπορεί να λάβει υπόψη την ασυμμετρία των κατανομών μη γραμμικών κινδύνων, όπως τα δικαιώματα προαίρεσης.

3.3 Η μέθοδος της Μόντε Κάρλο Προσομοίωσης (Monte Carlo Simulation)

Η προσέγγιση που βασίζεται στην προσομοίωση Μόντε Κάρλο, είναι η πιο προηγμένη μέθοδος υπολογισμού της Value at Risk, επειδή το χαρτοφυλάκιο αποτιμάται πλήρως αρκετές φορές χρησιμοποιώντας πολλές διαφορετικές τιμές οι οποίες δημιουργούνται τυχαία για τους κύριους παράγοντες κινδύνου των αξιολογούμενων που περιλαμβάνονται στο χαρτοφυλάκιο (Szylar, 2014).

Καλύπτει ένα ευρύ φάσμα πιθανών τιμών χρηματοοικονομικών μεταβλητών και λαμβάνει υπόψη τις συσχετίσεις τους. Χρησιμοποιούνται τυχαίες αγοραίες τιμές των βασικών εργαλείων για να κατασκευαστεί μια κατανομή των αποδόσεων χαρτοφυλακίου από μια σειρά μεταβολών των αξιών του, αντί των ιστορικών τιμών. Η VaR ενός χαρτοφυλακίου εκτιμάται από την τυχαία κατασκευή ενός ιστογράμματος των πιθανών κερδών ή ζημιών που θα σημειώσει μέσα σε ένα προκαθορισμένο χρονικό ορίζοντα. Κατά τη διαδικασία υπολογισμού, για την επιλογή των τυχαίων τιμών χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός της τεκμαρτής και της ιστορικής μεταβλητότητας (Καινούργιος, 2002).

Η Μόντε Κάρλο προσομοίωση εκφράζει τις αποδόσεις με ένα ιστόγραμμα υποθετικών αποδόσεων. Σε αυτήν την περίπτωση οι υποθετικές αποδόσεις επιλέγονται διαλέγοντας τυχαία από μια δεδομένη κατανομή τιμών και επιτοκίων που εκτιμώνται με ιστορικά δεδομένα. Αποτελεί βασικά μια τεχνική προσομοίωσης που αρχικά κάνει κάποιες παραδοχές για τον υπολογισμό των αλλαγών στις τιμές της αγοράς και στη συνέχεια συγκεντρώνει δεδομένα για να εκτιμήσει τις παραμέτρους αυτών των αλλαγών. Σκοπός της παραπάνω διαδικασίας είναι η πρόβλεψη των πιθανών μελλοντικών αλλαγών. Για κάθε αποτέλεσμα το χαρτοφυλάκιο επαναοτιμάται. Όταν γίνεται αυτό έχουμε ένα σύνολο υπολογισμών του χαρτοφυλακίου που ανταποκρίνεται στο σύνολο των πιθανών αλλαγών.

Ακολουθεί κατά βάσει τις αρχές της ιστορικής προσομοίωσης, με την διαφορά όμως ότι οι μεταβολές των τιμών σύμφωνα με τις οποίες επαναυπολογίζεται το χαρτοφυλάκιο, είναι προσομοιωμένες παρά ιστορικές. Αρχικά, σχεδιάζεται μια σειρά μοντέλων πρόβλεψης της συμπεριφοράς της αγοράς, των διακυμάνσεων και συνδιακυμάνσεων, καθώς επίσης και όσους άλλους στοχαστικούς παράγοντες κριθούν απαραίτητοι. Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούνται για την παραγωγή πολλών χιλιάδων σεναρίων για τις συσχετισμένες κινήσεις των τιμών της αγοράς. Στη συνέχεια, αφού έχουν δημιουργηθεί τα σεναρία, το χαρτοφυλάκιο επανατιμολογείται για κάθε πιθανό σενάριο με τρόπο παρόμοιο όπως στη μέθοδο της ιστορικής προσομοίωσης.

Σε αντίθεση με μεθόδους όπως η μέθοδος διακύμανσης – συνδιακύμανσης, η προσομοίωση Μόντε Κάρλο, είναι κατάλληλη για περιπτώσεις που υπάρχουν μη γραμμικές θέσεις στο χαρτοφυλάκιο, χρονική διαφοροποίηση στη μεταβλητότητα, παχιές ουρές και ένα μεγάλο εύρος εκθέσεων σε κίνδυνο (Hakala & Wystup, 2002). Στηριζόμενη στην επαναλαμβανόμενη τυχαία δειγματοληψία για να υπολογίσει τα αποτελέσματά της, αφού ουσιαστικά είναι ένα σύνολο υπολογιστικών αλγορίθμων, είναι κατάλληλη και για χρήση σε φυσικά ή μαθηματικά συστήματα (Παρασύρη, 2009).

Σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου Μόντε Κάρλο έναντι των υπολοίπων αποτελεί η αυξημένη ακρίβειά της. Η χρήση των πολύ περισσότερων σε αριθμό παρατηρήσεων που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της VaR σε σχέση με τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης ή της Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης, μειώνει σημαντικά το δειγματοληπτικό σφάλμα (Αγκυρόπουλος, 2007).

Παρόλα αυτά όμως, η τεχνική αυτή έχει τη δική της ιδιομορφία που επηρεάζει την ακρίβεια. Για παράδειγμα, μερικές Μόντε Κάρλο διαδικασίες λειτουργούν κάνοντας μείωση της διακύμανσης. Αυτό είναι ένα τρικ που χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της ακρίβειας σε μια δεδομένη έκταση που γίνεται η προσομοίωση. Με τις τεχνικές μείωσης της διακύμανσης απαιτούνται λιγότερες προσομοιώσεις για δεδομένη ακρίβεια. Με τον τρόπο αυτό, παραδοχές και αποτελέσματα χρησιμοποιούνται για τη μείωση της έκτασης της κατανομής, γεγονός όμως που έχει κόστος, γιατί η ακρίβεια που επιδιώκεται απαιτεί περισσότερες προσομοιώσεις για ένα δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η μέθοδος αυτή δίνει ιδιαίτερη σημασία στην ικανότητα του αναλυτή να μοντελοποιήσει τους παράγοντες που επηρεάζουν την αγορά, ανάλογα με το

πρόβλημα που έχει να διαχειριστεί. Η Μόντε Κάρλο μέθοδος είναι αναγκαία για κάθε παράγοντα που δημιουργεί κίνδυνο καθώς και για τον καθορισμό της στοχαστικής διαδικασίας. Έτσι, η γνώση του αναλυτή μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη για την αξιολόγηση μοντέλων όλων των στοιχείων του ενεργητικού στο χαρτοφυλάκιο και για τοποθετήσεις που αφορούν ποικίλους κινδύνους που καλείται να αντιμετωπίσει (Αγκυρόπουλος, 2007).

3.3.1 Υπολογισμός της VaR με τη μέθοδο της Μόντε Κάρλο Προσομοίωσης

Αρχικά θα αναφέρουμε σε συντομία τα στάδια που ακολουθούνται για τον υπολογισμό της VaR με τη μέθοδο Μόντε Κάρλο και στη συνέχεια θα γίνει μια πιο αναλυτική επεξήγηση της διαδικασίας που ακολουθείται.

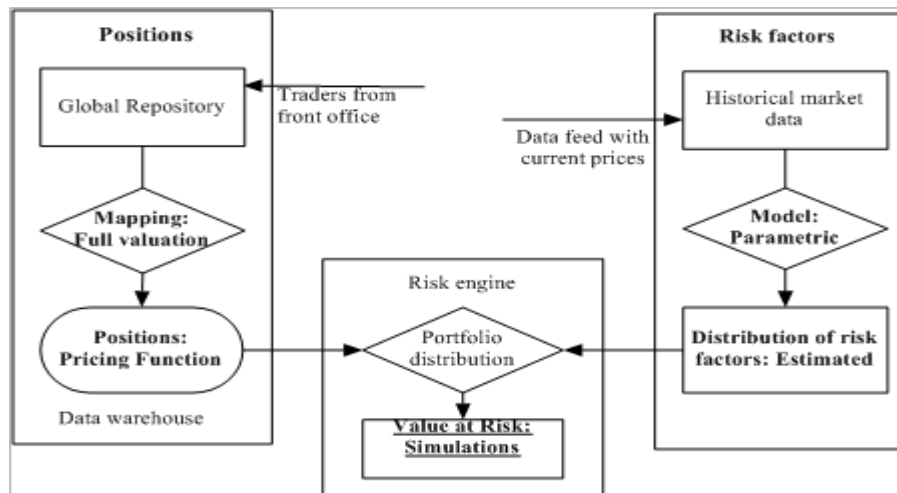
Στάδιο 1^ο: Ο διαχειριστής του κινδύνου προσδιορίζει μια στοχαστική διαδικασία για όλες τις χρηματοοικονομικές μεταβλητές. Παράμετροι όπως κίνδυνοι και συσχετίσεις, μπορούν να αντληθούν από ιστορικές τιμές.

Στάδιο 2^ο: Οι δημιουργημένες χρονοσειρές προσομοιώνονται για όλες τις μεταβλητές. Σε κάθε εξεταζόμενο ορίζοντα, το χαρτοφυλάκιο ελέγχεται χρησιμοποιώντας πλήρη αξιολόγηση, όπως στην μέθοδο ιστορικής προσομοίωσης, με τιμή που δίνεται από τον τύπο:

$$V_k^* = V(S_{i,k}^*) \quad (3.7)$$

Τα αποτελέσματα όλων αυτών των προσομοιώσεων χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της κατανομής της μελλοντικής αξίας του χαρτοφυλακίου, από όπου μπορεί να μετρηθεί η VaR.

Στο πιο κάτω διάγραμμα απεικονίζεται συνοπτικά ο τρόπος υπολογισμού της VaR με τη μεθοδολογία της Μόντε Κάρλο Προσομοίωσης.



Διάγραμμα Ροής 3.3: Μέθοδος Μόντε Κάρλο Προσομοίωσης (Πηγή: Jorion, 2007, σ.266)

Αυτό που παρατηρούμε είναι ότι, η Μόντε Κάρλο προσομοίωση είναι παρόμοια με την ιστορική προσομοίωση (βλ. διάγραμμα 3.1). Η διαφορά έγκειται στις υποθετικές αλλαγές των τιμών ΔS_i για το αντίστοιχο στοιχείο του ενεργητικού. Στην μέθοδο ιστορικής προσομοίωσης το στοιχείο του ενεργητικού δημιουργείται από ένα δείγμα ιστορικών δεδομένων, ενώ στην Μόντε Κάρλο προσομοίωση έχουμε τυχαία αποτελέσματα μέσα από μια προκαθορισμένη στοχαστική διαδικασία.

Αναλυτικότερα, τα βήματα που ακολουθούμε στη διαδικασία προσομοίωσης Μόντε Κάρλο είναι τα ακόλουθα (Jorion, 2007):

1. Αποφασίζουμε ποιες στοχαστικές διαδικασίες⁵ θα ακολουθήσουμε για να προσομοιώσουμε την εξέλιξη των τιμών των συστατικών του χαρτοφυλακίου. Κάθε μία διαδικασία θα μας δίνει τη μεταβολή της τιμής ενός συστατικού για μεταβολές του χρόνου.
2. Χωρίζουμε το χρονικό ορίζοντα της πρόβλεψης της VaR σε n ίσα χρονικά διαστήματα.
3. Εφαρμόζουμε τις στοχαστικές διαδικασίες προσομοίωσης της εξέλιξης των τιμών των προϊόντων διαδοχικά για κάθε ένα από τα n χρονικά διαστήματα. Έτσι υπολογίζουμε την τιμή του προϊόντος στο τέλος του χρονικού ορίζοντα υπολογισμού της VaR. Χρησιμοποιούμε τις τιμές των προϊόντων για να υπολογίσουμε την αξία του χαρτοφυλακίου.
4. Επαναλαμβάνουμε το προηγούμενο βήμα πολλές φορές (π.χ. 10.000 φορές).

⁵ Μια στοχαστική διαδικασία που χρησιμοποιείται συχνά για την προσομοίωση των τιμών ενός προϊόντος είναι η Geometric Brownian Motion (GBM). Η αναλυτική της μορφή είναι: $dS_t = \mu_t S_t dt + \sigma_t S_t dz$ (Jorion, 2007, σ. 309).

5. Χρησιμοποιούμε τις αξίες του χαρτοφυλακίου που προέκυψαν από τις επαναλήψεις της διαδικασίας προσομοίωσης για την κατασκευή της κατανομής της μελλοντικής αξίας του χαρτοφυλακίου.
6. Υπολογίζουμε τη VaR με τη βοήθεια της κατανομής της μελλοντικής αξία του χαρτοφυλακίου που κατασκευάσαμε στο προηγούμενο βήμα.

3.3.2 Δομημένη Προσομοίωση Μόντε Κάρλο (Structured Monte Carlo Simulation)

Η δομημένη προσομοίωση Μόντε Κάρλο χρησιμοποιείται για τη διαχείριση των κινδύνων της αγοράς. Μεταβλητότητες και συσχέτιση των ιστορικών χρονολογικών σειρών για τα επιτόκια, τις συναλλαγματικές ισοτιμίες, τις τιμές και τους δείκτες της βιομηχανίας, χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία συσχετιζόμενων σεναρίων για τη μελλοντική ανάπτυξη της αγοράς. Υπολογίζουμε τις θέσεις στο χαρτοφυλάκιο που αναλύουμε σε διαδοχική σειρά, με βάση τα σενάρια. Βάση των δημιουργημένων χρονοσειρών που παράγονται υπολογίζουμε την κατανομή πιθανοτήτων των παραγόντων κινδύνου μέσα σε ένα διάστημα εμπιστοσύνης. Αυτή η «προσομοίωση Monte Carlo» επιτρέπει μια πιο ακριβή αξιολόγηση των κινδύνων της αγοράς όσον αφορά τα μη-γραμμικά μέσα, όπως δικαιώματα προαίρεσης επί μετοχών, ομολόγων, και συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης. Η διαδικασία που ακολουθείται (βλ. Σχήμα 3.1) είναι βασισμένη στην ακόλουθη μεθοδολογία (Szytar, 2014):

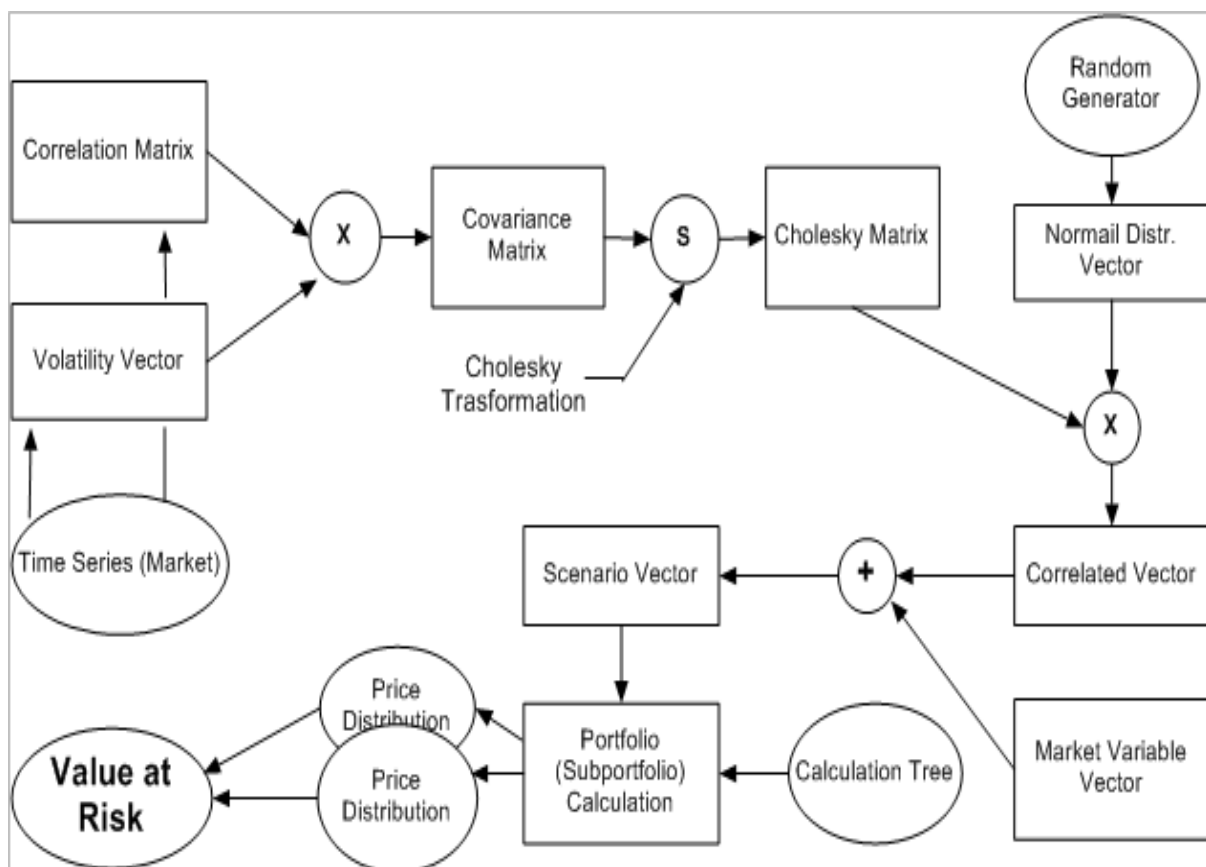
1. Η μήτρα συνδιακύμανσης (C) λαμβάνεται από τον πολλαπλασιασμό των μητρών της αστάθειας (V) με τη μήτρα συσχετισμού (R).
2. Η Cholesky μήτρα S κατασκευάζεται από τη μήτρα συνδιακύμανσης (C), έτσι ώστε $SX S' = C$, όπου το S' είναι η ανάστροφη μήτρα του S . Αυτός ο πολλαπλασιασμός των μητρών γίνεται για να ρυθμίσει η μήτρα συνδιακύμανσης και να είναι θετική σε περίπτωση που η αρχική μήτρα δεν είναι θετική ως αποτέλεσμα των εξαρτήσεων των παραγόντων κινδύνου.
3. Μια τυχαία γεννήτρια παράγει ανεξάρτητα δείγματα για κάθε παράγοντα κινδύνου αγοράς χρησιμοποιώντας την τυποποιημένη κανονική κατανομή $SND(0,1)$ που καταχωρούνται στα διανύσματα απόκλισης (D). Μια κανονική διόρθωση μορφής που εφαρμόζεται σε τυχαία διανύσματα εξασφαλίζει κανονική κατανομή με το μέσο όρο $= 0$ και σταθερή απόκλιση $= 1$. Η υψηλή ποιότητα της τυχαίας σειράς μειώνει τον αριθμό των απαιτούμενων παρατηρήσεων

στο μοντέλο Μόντε Κάρλο. 4.000 έως 10.000 παρατηρήσεις είναι αρκετές συνήθως για να επιτύχουμε καλά αποτελέσματα.

4. Τα διανύσματα απόκλισης (D) πολλαπλασιάζονται με τη Cholesky μήτρα (S) για να πάρουμε τη συνδιακύμανση μεταξύ κάθε ζευγαριού παραγόντων κινδύνου. Αυτό παράγει δέλτα διανύσματα (B) των κανονικά διανεμημένων και συσχετισμένων αποκλίσεων.

5. Τα διανύσματα (B) εφαρμόζονται στις πραγματικές τιμές παραγόντων κινδύνου (αποδόσεις), στα διανύσματα κεφαλαίων (A) και αυτή η διαδικασία παράγει τα διανύσματα σεναρίου (E) για τις παρατηρήσεις Monte Carlo που υπολογίζουν την αξία σε όρους τιμών.

6. Το βήμα 5 επαναλαμβάνεται πολλές φορές (4.000... 10.000). Το μεγάλο αυτό σύνολο σεναρίων οδηγεί στον υπολογισμό των κατανομών τιμών.



Σχήμα 3.1: Δομημένη Προσομοίωση Μόντε Κάρλο (Πηγή: Szylar, 2014, σ. 187)

3.3.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Προσομοίωσης Μόντε Κάρλο

Πλεονεκτήματα (Jorion, 2007):

- Δεν χρειάζεται να γίνει καμία υπόθεση για την κατανομή των παραγόντων κινδύνου.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάθε τύπο κινδύνου αγοράς.
- Μπορεί να υιοθετήσει οποιαδήποτε στατιστική υπόθεση σχετικά με τους παράγοντες κινδύνου.
- Είναι αρκετά ευέλικτη, ώστε να ενσωματώνει την εξέλιξη της μεταβλητότητας των τιμών στο χρόνο, ακραίες τιμές και ακραία σενάρια.
- Μπορεί να ενσωματώσει μεταβολές στη διάρθρωση του χαρτοφυλακίου με το πέρασμα του χρόνου, όπως π.χ. ενδιάμεσες πληρωμές ή αποτελέσματα προκαθορισμένων στρατηγικών (π.χ. αντιστάθμισης).

Μειονεκτήματα (Jorion, 2007):

- Ο υπολογισμός της VaR είναι χρονοβόρος. Η μέθοδος απαιτεί πολλές φορές τον πλήρη επαναπροσδιορισμό του χαρτοφυλακίου.
- Είναι η πιο δαπανηρή μέθοδος από άποψη υποδομών και εκπαίδευσης στελεχών. Όμως παρόλο που η μέθοδος απαιτεί σημαντικό κόστος για την εγκατάστασή της τόσο σε εξοπλισμό όσο και σε λογισμικό, είναι απαραίτητη για ιδρύματα όπου απαιτείται σωστή διαχείριση κινδύνων από σύνθετα χαρτοφυλάκια.
- Επηρεάζεται από τον κίνδυνο μοντέλου. Η μέθοδος, λόγω του ότι στηρίζεται σε στοχαστικές διαδικασίες για τους παράγοντες κινδύνου και υποδείγματα αποτίμησης, για τίτλους όπως τα δικαιώματα προαίρεσης, μπορεί να δώσει εσφαλμένα αποτελέσματα εάν κάποιο από τα υποδείγματα αυτά δεν είναι σωστό.

3.4 Σύγκριση των τριών μεθόδων

Στα πιο πάνω κεφάλαια παρουσιάστηκαν οι τρεις βασικές μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της VaR. Αυτό που διαπιστώθηκε είναι ότι και οι τρεις παρουσιάζουν πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα. Το ερώτημα που προκύπτει είναι ποια από τις τρεις μεθόδους είναι η καλύτερη, ερώτημα το οποίο είναι πολύ δύσκολο να

απαντηθεί. Σύμφωνα με τους Thomas J. Linsmeier και Neil D. Pearson (1999)⁶, η επιλογή για μια επιχείρηση ή ένα χρηματοπιστωτικό ίδρυμα, της κατάλληλης προσέγγισης υπολογισμού της αξίας σε κίνδυνο για ένα χαρτοφυλάκιο, εξαρτάται από την κρίση του διαχειριστή κινδύνου, ανάλογα με ποια κριτήρια θεωρεί ως πιο σημαντικά. Πιο κάτω παρουσιάζονται έξι κριτήρια και πώς ανταποκρίνονται σε αυτά οι τρεις βασικές μέθοδοι υπολογισμού της VAR:

1. Ικανότητα ενσωμάτωσης των κινδύνων από μη-γραμμικά χρηματοοικονομικά προϊόντα

Οι μέθοδοι προσομοίωσης (Ιστορική και Μόντε Κάρλο) λειτουργούν καλά σε αυτό το κριτήριο, παρά την παρουσία παραγών στο χαρτοφυλάκιο, διότι υπολογίζουν κάθε φορά την αξία του χαρτοφυλακίου για κάθε συνδυασμό παραγόντων της αγοράς. Η αξία του χαρτοφυλακίου που μας δίνει η προσομοίωση Μόντε Κάρλο εξαρτάται από την κατανομή των βασικών παραγόντων της αγοράς και των εκτιμήσεων των παραμέτρων της. Στην περίπτωση που είναι εσφαλμένοι, θα οδηγήσουν σε λανθασμένη εκτίμηση της VaR. Παρομοίως, η κατανομή της αξίας του χαρτοφυλακίου που δίνει η ιστορική προσομοίωση μπορεί να είναι παραπλανητική εάν το χρονικό διάστημα από το οποίο πάρθηκε το ιστορικό δείγμα δεν είναι αντιπροσωπευτικό. Η μέθοδος Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης λειτουργεί σχετικά καλά σε χαρτοφυλάκια που αποτελούνται από περιορισμένο αριθμό μη-γραμμικών προϊόντων αλλά είναι λιγότερο ικανή να «ενσωματώσει» τους κινδύνους που προέρχονται από αυτά, αντικαθιστώντας τα με γραμμικές προσεγγίσεις οι οποίες δεν δίνουν πάντα επαρκή αποτελέσματα. Το πρόβλημα αυτό είναι λιγότερο έντονο όταν η περίοδος διακράτησής τους είναι μία ημέρα, καθώς είναι απίθανο να συμβούν μεγάλες αλλαγές στις αποδόσεις σε τόσο σύντομο χρονικό διάστημα.

2. Ευκολία εφαρμογής

Η μέθοδος της Ιστορικής προσομοίωσης είναι εύκολη στην εφαρμογή της αρκεί να υπάρχει πρόσβαση σε ιστορικά δεδομένα. Η βασική δυσκολία είναι ότι πρέπει να διαθέτουμε χρονολογικές σειρές για όλους τους σχετικούς παράγοντες της αγοράς για την αναφερόμενη περίοδο, γεγονός πολύπλοκο στην περίπτωση πολυεθνικών επιχειρήσεων που συναλλάσσονται και δραστηριοποιούνται σε διαφορετικά νομίσματα και χώρες. Οι μέθοδοι Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης και Μόντε Κάρλο είναι επίσης εύκολες στην εφαρμογή

⁶Linsmeier T.J. and N.D. Pearson, (1999), ‘‘Risk Measurement: An Introduction to Value at Risk’’, Working Paper, University of Illinois at Urbana-Champaign.

τους, όταν υπάρχουν διαθέσιμα εργαλεία για τα προϊόντα των χαρτοφυλακίων που αναλύονται. Η διαφορά στη δεύτερη μέθοδο έγκειται στο ότι ο χρόνος υπολογισμού είναι μεγαλύτερος, ειδικά σε μεγάλα χαρτοφυλάκια. Όλες οι μέθοδοι, εκτός από αυτή της Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης, απαιτούν μοντέλα τιμολόγησης (pricing models) για τα προϊόντα που περιλαμβάνονται στα υπό ανάλυση χαρτοφυλάκια.

3. Ευκολία παρουσίασης στη Διοίκηση

Η μέθοδος της ιστορικής προσομοίωσης είναι η πιο εύκολη στην παρουσίαση και κατανόησή της από την Ανώτατη Διοίκηση, συγκριτικά με τη μέθοδο της Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης και τη μέθοδο της Μόντε Κάρλο προσομοίωσης. Η μέθοδος της Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης είναι πιο δύσκολη στην κατανόησή της διότι απαιτεί πολύ καλή τεχνική γνώση, καθώς τα μαθηματικά της κανονικής κατανομής για τον υπολογισμό της τυπικής απόκλισης και κατά προέκταση της VaR είναι πολύπλοκα. Η μέθοδος Μόντε Κάρλο, είναι η δυσκολότερη στην παρουσίασή της, διότι απαιτεί εξειδικευμένη γνώση της κατανομής που αντικατοπτρίζει τις αλλαγές στους παράγοντες της αγοράς και του ψευδοτυχαίου δείγματος που θα χρησιμοποιηθεί από αυτήν την κατανομή.

4. Αξιοπιστία αποτελεσμάτων

Και οι τρεις μέθοδοι στηρίζονται σε ιστορικά δεδομένα. Ωστόσο, η μέθοδος η οποία στηρίζεται περισσότερο από κάθε άλλη τόσο άμεσα στα ιστορικά δεδομένα είναι η ιστορική προσομοίωση. Υπάρχει έτσι ο κίνδυνος της υποεκτίμησης ή υπερεκτίμησης του κινδύνου αγοράς για ένα χαρτοφυλάκιο, εάν οι μεταβολές των τιμών των παραγόντων που το επηρεάζουν, είναι κατά τη διάρκεια της περιόδου που εξετάζεται ιδιαίτερα χαμηλές ή υψηλές αντιστοίχως, από ότι είναι συνήθως. Επομένως, είναι αρκετά πιθανόν, το αποτέλεσμα της VAR σύμφωνα με την ιστορική προσομοίωση να είναι παραπλανητικό, εφόσον οι μεταβολές των τιμών των παραγόντων κινδύνου δεν είναι τυπικές, αλλά ακραίες, είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω, για τη χρονική περίοδο που αφορά το δείγμα. Οι μέθοδοι Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης και Μόντε Κάρλο παρουσιάζουν το εξής πρόβλημα: οι κατανομές που υποθέτουν δεν περιγράφουν ρεαλιστικά τις πραγματικές κατανομές των παραγόντων της αγοράς. Αυτό σημαίνει ότι συνήθως έχουμε συχνότερα γεγονότα που αποκλίνουν από το μέσο σε σχέση με την κανονική κατανομή. Παρόλα αυτά, η κανονική κατανομή φαίνεται να είναι καλή υπόθεση στην περίπτωση της μεθόδου Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης για τον υπολογισμό της VaR. Στη μέθοδο Μόντε Κάρλο

αντίστοιχα, ο αναλυτής μπορεί να διαλέξει ελεύθερα ποια κατανομή θα χρησιμοποιήσει. Η ευελιξία της μεθόδου μπορεί να οδηγήσει σε λάθος επιλογή που πιθανώς να μην αντιπροσωπεύει τις πραγματικές συνθήκες της αγοράς.

5. Ευελιξία στην εισαγωγή εναλλακτικών υποθέσεων

Η μέθοδος της ιστορικής προσομοίωσης είναι άρρηκτα δεμένη με τα ιστορικά δεδομένα των αλλαγών στους βασικούς παράγοντες της αγοράς. Έτσι, δεν γίνεται εκ των πραγμάτων να πραγματοποιήσουμε κάποια μορφή “what-if”⁷ σεναρίων. Ενώ για τη μέθοδο της ιστορικής προσομοίωσης δεν είναι εφικτή η εφαρμογή της “what-if” ανάλυσης, αντιθέτως είναι πολύ εύκολο με τις μεθόδους Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης και Μόντε Κάρλο. Ο αναλυτής μπορεί να παραβλέψει τις εκτιμήσεις βάσει ιστορικών δεδομένων και να χρησιμοποιήσει οποιεσδήποτε σταθερές παραμέτρους προτιμά. Το αρνητικό είναι ότι με τη χρήση των διαφόρων λογισμικών προγραμμάτων η ανάλυση μπορεί να απαιτεί μεγάλο φόρτο εργασίας.

6. Κατανομές για τους παράγοντες της αγοράς

Όλες οι μέθοδοι εκτός από αυτή της ιστορικής προσομοίωσης 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 Μόντε Κάρλο.

Συμπερασματικά, μπορούμε να αναφέρουμε ότι δεν υπάρχει ξεκάθαρη απάντηση για το ποια μέθοδος υπολογισμού της VaR είναι η καλύτερη. Η επιλογή εναπόκειται στην κάθε επιχείρηση και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Αξίζει να σημειώσουμε ότι το ίδιο ποσό που πιθανώς να δίνει η VaR για δύο εταιρείες μπορεί να ερμηνευτεί τελείως διαφορετικά, με βάση το προφίλ κινδύνου τους και τα κριτήρια επιλογής μεθόδου που θέτει ως πιο σημαντικά η καθεμία.

Ο πιο κάτω πίνακας παρουσιάζει συνοπτικά τις διαφορές των τριών μεθόδων υπολογισμού της VaR:

⁷ Η “what-if” ανάλυση εξετάζει τα αποτελέσματα από την εφαρμογή εναλλακτικών υποθέσεων.

	Ιστορική Προσομοίωση	Διακύμανση-Συνδιακύμανση	Προσομοίωση Monte Carlo
Ικανή να συλλάβει τους κινδύνους χαρτοφυλακίων που περιλαμβάνουν δικαιώματα προαίρεσης (options);	Ναι, ανεξάρτητα από το περιεχόμενο του χαρτοφυλακίου σε options.	Όχι, εκτός όταν εφαρμόζεται με χρήση βραχείας περιόδου διακράτησης για χαρτοφυλάκια με περιορισμένο ή μέτριο περιεχόμενο σε options.	Ναι, ανεξάρτητα από το περιεχόμενο του χαρτοφυλακίου σε options.
Εύκολη να εφαρμοστεί;	Ναι, για χαρτοφυλάκια για τα οποία υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για τις παρελθοντικές τιμές των βασικών παραγόντων της αγοράς.	Ναι, για χαρτοφυλάκια περιορισμένα σε στοιχεία και νομίσματα καλυπτόμενα από έτοιμα και άμεσα διαθέσιμα στην αγορά λογισμικά. Διαφορετικά, λογικά εύκολη έως μετρίως δύσκολη να εφαρμοσθεί, ανάλογα με τη συνθετότητα των στοιχείων και την ύπαρξη πληροφοριών για αυτά.	Ναι, για χαρτοφυλάκια περιορισμένα σε στοιχεία και νομίσματα καλυπτόμενα από έτοιμα και άμεσα διαθέσιμα στην αγορά λογισμικά. Διαφορετικά, μετρίως έως εξαιρετικά δύσκολη να εφαρμοσθεί.
Οι υπολογισμοί της εκτελούνται γρήγορα;	Ναι	Ναι	Όχι, εκτός για σχετικά μικρά χαρτοφυλάκια.
Εξηγείται εύκολα στη Διεύθυνση;	Ναι	Όχι	Όχι
Παράγει παραπλανητικές εκτιμήσεις της VaR όταν το πρόσφατο παρελθόν είναι μη τυπικό?	Ναι	Ναι, εκτός του ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικές τυπικές αποκλίσεις ή συσχετίσεις.	Ναι, εκτός του ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικές εκτιμήσεις των παραμέτρων.
Μπορεί να εκτελέσει "what-if" αναλύσεις, για να εξετάσουμε το αποτέλεσμα εναλλακτικών παραδοχών;	Όχι	Είναι εύκολα σε θέση να εξετάσει εναλλακτικές παραδοχές σχετικά με τις συσχετίσεις / τυπικές αποκλίσεις. Η εξέταση όμως εναλλακτικών παραδοχών σχετικά με την κατανομή των παραγόντων της αγοράς, δηλαδή κατανομές εκτός από την κανονική, είναι αδύνατη.	Ναι

Πίνακας 3.1: Σύγκριση μεθόδων υπολογισμού της VaR (Πηγή: Linsmeier & Pearson, 1999, σ. 39)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

4.1 Στόχος της εμπειρικής εφαρμογής

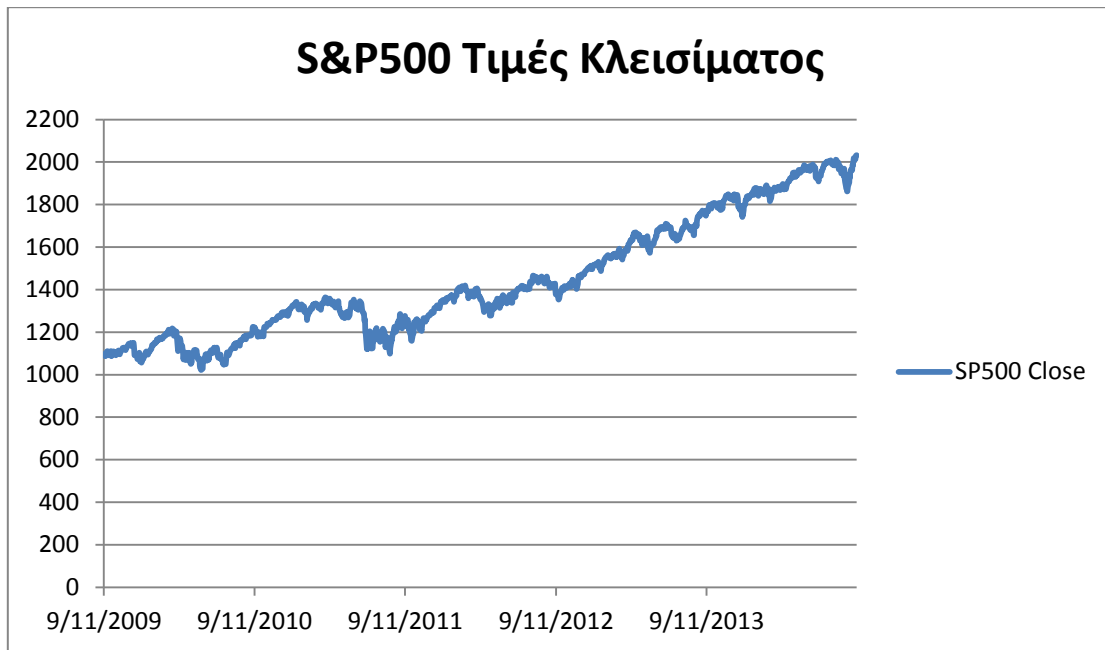
Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται πρακτική εφαρμογή των τριών κύριων μεθόδων υπολογισμού της Αξίας σε Κίνδυνο που παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια (Διακύμανση-Συνδιακύμανση, Ιστορική προσομοίωση και Προσομοίωση Μόντε Κάρλο). Ο υπολογισμός της Αξίας σε Κίνδυνο εφαρμόζοντας τις τρεις μεθοδολογίες, θα γίνει στηριζόμενος σε πραγματικά δεδομένα, για τον Γενικό Δείκτη του Χρηματιστηρίου των ΗΠΑ, τον S&P500 (Standard & Poor's 500), ο οποίος αποτελεί το πιο γνωστό βαρόμετρο της αμερικάνικης οικονομίας.

Ο S&P (Standard & Poor's) 500 είναι ένας πασίγνωστος παροχέας δεικτών για την αμερικανική αγορά. Συμπεριλαμβάνει τις 500 μεγαλύτερες σε κεφαλαιοποίηση εταιρείες και χρησιμοποιείται από τους επενδυτές ως σημείο αναφοράς για την αγορά αυτή. Καλύπτει σχεδόν το 70% της αξίας της αμερικανικής χρηματιστηριακής αγοράς και συμπεριλαμβάνει 380 βιομηχανικές, 37 για δημόσιες υπηρεσίες, 73 οικονομικές και 10 μετοχές μεταφοράς (<https://www.windsorbrokers.com/node/171942>).

Κύριος στόχος της εμπειρικής εφαρμογής είναι η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν από την εφαρμογή των τριών μεθόδων, εξετάζοντας ποια μεθοδολογία μέτρησης θα φέρει τα πιο αξιόπιστα αποτελέσματα.

4.2 Δεδομένα της εμπειρικής εφαρμογής

Για τον υπολογισμό της VaR, χρησιμοποιήσαμε δεδομένα από τον Γενικό Δείκτη S&P500, τα οποία κατεβάσαμε από την ιστοσελίδα www.finance.yahoo.com. Τα δεδομένα αναφέρονται σε ημερήσιες τιμές κλεισίματος για χρονική περίοδο 5 ετών, από 7/11/2009 μέχρι 7/11/2014 (βλ. Γραφική Παράσταση 4.1). Για την εμπειρική εφαρμογή των μοντέλων, χρησιμοποιήσαμε τα δεδομένα της χρονικής περιόδου από 7/11/2009 μέχρι 30/10/2013 και η χρονική περίοδος από 31/10/2013 μέχρι 7/11/2014 χρησιμοποιήθηκε για επανέλεγχο (backtesting) των μοντέλων.



Γραφική Παράσταση 4.1: Τιμές κλεισίματος S&P500 από 7/11/2009 – 7/11/2014

Πριν την εφαρμογή των τριών μεθόδων, υπολογίσαμε τις Αποδόσεις, τον Μέσο και την Τυπική Απόκλιση των αποδόσεων. Τα στάδια που ακολουθήσαμε είναι τα εξής:

Στάδιο 1^ο: Υπολογισμός ημερήσιων αποδόσεων

Υπολογίσαμε τις αποδόσεις του δείγματός μας χρησιμοποιώντας την ημερήσια απόδοση, η οποία δίδεται από τον τύπο:

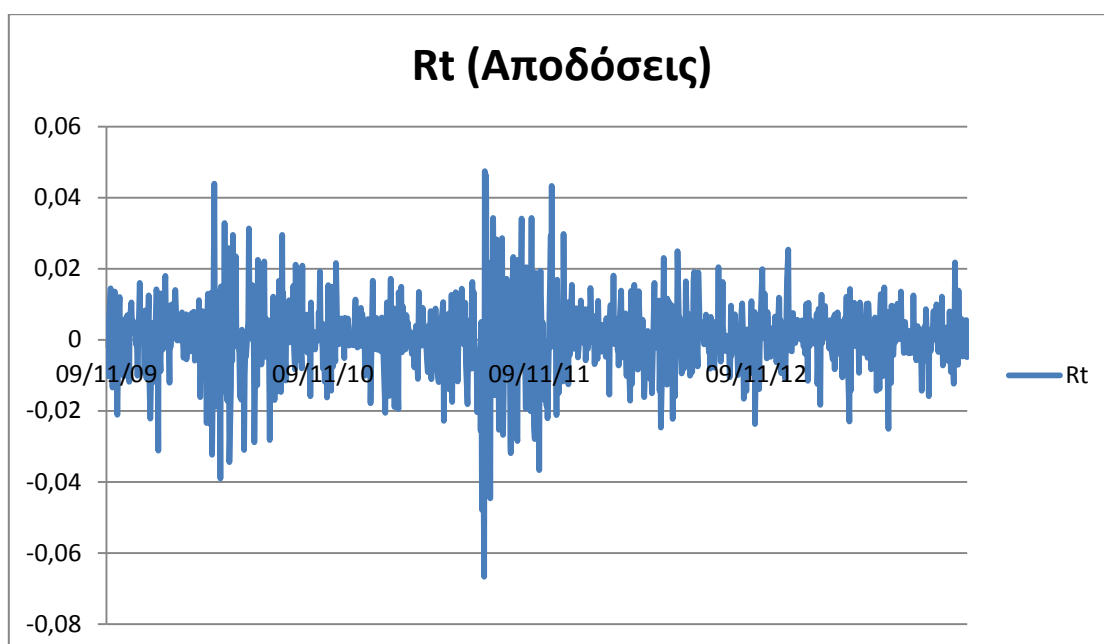
$$R_t = (P_t - P_{t-1}) / P_{t-1} \quad (4.1)$$

Όπου:

P_t = η τιμή στο τέλος της τρέχουσας ημέρας

P_{t-1} = η τιμή στο τέλος της προηγούμενης ημέρας

Από τον πιο πάνω υπολογισμό προέκυψαν στο σύνολο 1258 παρατηρήσεις, από τις οποίες θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια οι πρώτες 1000 (βλ. Γραφική Παράσταση 4.2) για την εμπειρική κατασκευή των μοντέλων και οι 258 για το backtesting των μοντέλων.



Γραφική Παράσταση 4.2: Ημερήσιες αποδόσεις από 7/11/2009 – 30/10/2013

Στάδιο 2^ο: Υπολογισμός βασικών παραμέτρων

Αρχικά υπολογίσαμε τη Μέση τιμή των αποδόσεων του δείκτη χρησιμοποιώντας την εντολή **AVERAGE** στην excel και στη συνέχεια την Τυπική Απόκλιση χρησιμοποιώντας την εντολή **STDEV**. Για τον υπολογισμό χρησιμοποιήθηκαν οι πρώτες χίλιες παρατηρήσεις των αποδόσεων που είχαν υπολογιστεί στο 1^ο στάδιο.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρατίθενται στον πιο κάτω πίνακα:

Μέση Ημερήσια Απόδοση	Ημερήσια Τυπική Απόκλιση
0,05%	1,0760%

Πίνακας 4.1: Αποτελέσματα υπολογισμών βασικών παραμέτρων

4.3 Υπολογισμός της VaR

Σε αυτή την ενότητα, θα υπολογίσουμε την Αξία σε Κίνδυνο χρησιμοποιώντας όπως αναφέραμε και πιο πάνω, τις τρεις κύριες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της. Αρχικά, θα χρησιμοποιήσουμε την παραμετρική μέθοδο Διακύμανση-

Συνδιακύμανση και στη συνέχεια τις μη παραμετρικές μεθόδους, αυτή της Ιστορική Προσομοίωσης και της Προσομοίωσης Μόντε Κάρλο. Για την κατασκευή των μοντέλων με τη χρήση και των τριών μεθόδων θα χρησιμοποιήσουμε τις 1000 πρώτες παρατηρήσεις που βρήκαμε στο 1^ο στάδιο της ενότητας 4.2. Θα υπολογίσουμε την VaR σε χρονικό ορίζοντα 1 ημέρας και με διάστημα εμπιστοσύνης 95% και 99%. Στη συνέχεια θα βρούμε την Var θεωρώντας για σκοπούς υπολογισμού ότι η θέση μας αποτελείται από το χαρτοφυλάκιο της αγοράς αξίας \$1.000.000.

4.3.1 Υπολογισμός της VaR με τη μέθοδο της Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης

Για τον υπολογισμό της Var με τη μέθοδο της Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης χρησιμοποιήσαμε τον τύπο⁸:

$$VaR_i = \alpha \times \sigma \times W \quad (4.2)$$

Όπου:

α = η τυπική απόκλιση κανονικής κατανομής για δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης. Στο excel ισοδυναμεί με τη συνάρτηση **NORMSINV**.

σ = η τυπική απόκλιση των αποδόσεων του δείκτη. Στη μελέτη μας χρησιμοποιήσαμε την ιστορική τυπική απόκλιση. Παρόλα αυτά υπάρχουν και πιο περίπλοκες μορφές υλοποίησης υπολογισμών της τυπικής απόκλισης, όπως π.χ. με μοντέλα GARCH.

W = η αρχική αξία του χαρτοφυλακίου

Τα στάδια που ακολουθήσαμε είναι τα ακόλουθα:

1. Υπολογίσαμε την τυπική απόκλιση κανονικής κατανομής α για επίπεδα εμπιστοσύνης 95% και 99% χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση **NORMSINV** στην excel, ως εξής:
 - Για δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης 95% χρησιμοποιήσαμε την εντολή =NORMSINV(0,05)
 - Για δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης 99% χρησιμοποιήσαμε την εντολή =NORMSINV(0,01)

⁸www.quantitative-finance-by-examples.com

2. Χρησιμοποιώντας την τυπική απόκλιση των αποδόσεων του δείκτη που βρήκαμε στο 2^ο στάδιο της ενότητας 4.2 ($\sigma = 1,0760\%$) και την τυπική απόκλιση κανονικής κατανομής α που ήδη υπολογίσαμε, χρησιμοποιήσαμε τον τύπο (4.2) για να υπολογίσουμε την VaR.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα:

95% Var	99% Var
-1,7691%	-2,5021%

Πίνακας 4.2.: Υπολογισμός της VaR με τη μέθοδο Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης

3. Υπολογίσαμε την VaR για το χαρτοφυλάκιο μας, που αποτελείται από μετοχές \$1.000.000. Προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

95% Var	99% Var
-\$17.691,05	-\$25.020,79

Πίνακας 4.3.: Υπολογισμός της VaR για χαρτοφυλάκιο \$1.000.000

Από τον πιο πάνω πίνακα προκύπτει ότι η ημερήσια VaR (95%) ισούται με -\$17.691,05. Δηλαδή, η μέγιστη δυνητική ζημιά που μπορεί να υποστεί κάποιος που έχει επενδύσει \$1.000.000 στη μετοχή του χαρτοφυλακίου μας δεν θα ξεπερνάει σε χρονικό ορίζοντα μίας ημέρας, με πιθανότητα 95%, το ποσό των \$17.691,05 ή υπάρχει μία πιθανότητα 5% η ζημιά να είναι μεγαλύτερη από \$17.691,05. Αντίστοιχα, η ημερήσια VaR (99%) η οποία ισούται με -\$25.020,79, δείχνει ότι υπάρχει πιθανότητα 99% η επένδυση στη μετοχή του χαρτοφυλακίου μας να υποστεί σε χρονικό ορίζοντα μίας ημέρας μέγιστη ζημιά της τάξης των \$25.020,79.

4.3.2 Υπολογισμός της VaR με τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης

Για τον υπολογισμό της VaR με τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης, χρησιμοποιήσαμε την εντολή **PERCENTILE** στην excel, ως εξής:

- Για δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης 95%: =PERCENTILE(αποδόσεις δείγματος;0,05)
- Για δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης 99%: =PERCENTILE (αποδόσεις δείγματος;0,01)

Όπου: Οι αποδόσεις του δείγματος υπολογίστηκαν βάση των ιστορικών τιμών του δείκτη.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα:

95% Var	99% Var
-1,6810%	-3,1018%

Πίνακας 4.4: Υπολογισμός της VaR με τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης

Από τον πιο πάνω πίνακα, στον οποίο απεικονίζεται η αξία σε κίνδυνο ως ποσοστιαία απώλεια επί της επενδυμένης αξίας σε χρονικό ορίζοντα 1 ημέρας, προκύπτει ότι σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η VAR(95%) ισούται με -1,6810%. Υπάρχει δηλαδή πιθανότητα 95% να υπάρξει μέγιστη ποσοστιαία ζημιά ισάξια με 1,6810% σε χρονικό ορίζοντα 1 ημέρας ή υπάρχει πιθανότητα 5% η ποσοστιαία ζημιά σε χρονικό ορίζοντα 1 ημέρας να είναι μεγαλύτερη από 1,6810%. Αντίστοιχα, σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99%, υπάρχει πιθανότητα 99%, η μέγιστη ποσοστιαία ζημιά σε χρονικό ορίζοντα 1 ημέρας να είναι 3,1018%.

Εφαρμόζοντας τα πιο πάνω αποτελέσματα στο χαρτοφυλάκιο μας που αποτελείται από μετοχές \$1.000.000 προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

95% Var	99% Var
-\$16.810,01	-\$31.018,29

Πίνακας 4.5: Υπολογισμός της VaR για χαρτοφυλάκιο \$1.000.000

Για VAR(95%) δηλαδή, υπάρχει πιθανότητα 5% η ζημιά να είναι μεγαλύτερη των \$16.810,01 σε χρονικό ορίζοντα 1 ημέρας και για VAR(99%), υπάρχει πιθανότητα 1% η ζημιά να είναι μεγαλύτερη των \$31.018,29 σε χρονικό ορίζοντα 1 ημέρας.

Για τον υπολογισμό της VaR με τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης, υπάρχει και ο ακόλουθος τρόπος, τον οποίο εφαρμόσαμε για να επαληθεύσουμε και τα πιο πάνω αποτελέσματα. Τα στάδια υπολογισμού που χρησιμοποιήσαμε είναι τα ακόλουθα:

1. Ταξινομήσαμε κατά φθίνουσα σειρά τις 1000 παρατηρήσεις των αποδόσεων των ιστορικών τιμών που είχαμε βρει. Η ταξινόμηση παρατίθεται στο Παράρτημα στον Πίνακα Α.
2. Για να βρούμε την VAR με διάστημα εμπιστοσύνης 95%, λάβαμε από την σειρά των παρατηρήσεων που προέκυψε από το 1^ο στάδιο της ενότητας 4.2, την 50^η παρατήρηση

από το τέλος, η οποία αντιστοιχεί στο 5% των συνολικών παρατηρήσεων του δείγματός μας (1000 παρατηρήσεις).

3. Για να βρούμε αντίστοιχα την VaR με διάστημα εμπιστοσύνης 99%, λάβαμε από την σειρά των παρατηρήσεων, την 10^η παρατήρηση από το τέλος, η οποία αντιστοιχεί στο 1% των συνολικών παρατηρήσεων του δείγματός μας.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι ίδια με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή που κάναμε στην excel (βλ. Πίνακα 4.4) και παρατίθενται στον πιο κάτω πίνακα:

1000 Παρατηρήσεις		
50η =	-0,0169	Var (95%)
10η =	-0,0311	Var (99%)

Πίνακας 4.6: Υπολογισμός της VaR με τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης

4.3.3 Υπολογισμός της VaR με τη μέθοδο της Προσομοίωσης Μόντε Κάρλο

Για τον υπολογισμό της VaR με τη μέθοδο της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο χρησιμοποιήσαμε τον τύπο⁹ (Jorion, 2007):

$$\Delta P_t / P_{t-1} = \mu \Delta t + \sigma \epsilon \sqrt{\Delta t} \quad (4.3)$$

Όπου:

ΔP_t = η μεταβολή στην τιμή του δείκτη

P_{t-1} = η τιμή κλεισίματος της προηγούμενης ημέρας

μ = η μέση ημερήσια απόδοση του δείκτη

Δt = η αλλαγή στον χρόνο, μία ημέρα

σ = η τυπική απόκλιση των αποδόσεων του δείκτη

ϵ = τυχαίος αριθμός τραβηγμένος από την τυπική κανονική κατανομή με μέση τιμή 0 και διακύμανση 1[N(0,1)]

⁹Στοχαστική διαδικασία Geometric Brownian Motion (GBM).

Τα στάδια που ακολουθήσαμε είναι τα ακόλουθα:

1. Τρέξαμε στην excel με τη βοήθεια του εργαλείου Random Number Generation τυχαίους αριθμούς ϵ τραβηγμένους από την τυπική κατανομή, όπου ϵ ακολουθεί $N(0,1)$.
2. Υπολογίσαμε τις αποδόσεις του Δείκτη αντικαθιστώντας τα δεδομένα μας στον τύπο (4.3) ως ακολούθως:
 - $\epsilon =$ οι τυχαίοι αριθμοί που υπολογίστηκαν στο σημείο 1
 - $\mu = 0,05\%$
 - $\sigma = 1,0760\%$
 - $\Delta t = 1$
 - $\sqrt{\Delta t} = 1$
3. Υπολογίσαμε την VaR χρησιμοποιώντας την εντολή **PERCENTILE** στην excel, ως εξής:
 - Για δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης 95%: =PERCENTILE(αποδόσεις δείγματος;0,05)
 - Για δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης 99%: =PERCENTILE(αποδόσεις δείγματος;0,01)

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα:

95% Var	99% Var
-1,7759%	-2,5056%

Πίνακας 4.7: Υπολογισμός της VaR με τη μέθοδο Προσομοίωσης Μόντε Κάρλο

Από τον πιο πάνω πίνακα, στον οποίο απεικονίζεται η αξία σε κίνδυνο ως ποσοστιαία απώλεια επί της επενδυμένης αξίας σε χρονικό ορίζοντα 1 ημέρας, προκύπτει ότι σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η VAR(95%) ισούται με -1,7759%. Υπάρχει δηλαδή πιθανότητα 95% να υπάρξει μέγιστη ποσοστιαία ζημιά ισάξια με 1,7759% σε χρονικό ορίζοντα 1 ημέρας ή υπάρχει πιθανότητα 5% η ποσοστιαία ζημιά σε χρονικό ορίζοντα 1 ημέρας να είναι μεγαλύτερη από 1,7759%. Αντίστοιχα, σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99%, υπάρχει πιθανότητα 99%, η μέγιστη ποσοστιαία ζημιά σε χρονικό ορίζοντα 1 ημέρας να είναι 2,5056%, ή η ποσοστιαία ζημιά σε χρονικό ορίζοντα 1 ημέρας να είναι μεγαλύτερη από 2,5056%, με πιθανότητα 1%.

Εφαρμόζοντας τα πιο πάνω αποτελέσματα στο χαρτοφυλάκιό μας που αποτελείται από μετοχές αξίας \$1.000.000 προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

95% Var	99% Var
-\$17.758,97	-\$25.056,01

Πίνακας 4.8: Υπολογισμός της VaR για χαρτοφυλάκιο \$1.000.000

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πιο πάνω πίνακα, προκύπτει ότι για VAR(95%), υπάρχει πιθανότητα 5% η δυνητική ζημιά να είναι μεγαλύτερη των \$17.758,97 σε χρονικό ορίζοντα 1 ημέρας και για VAR(99%), υπάρχει πιθανότητα 1% η δυνητική ζημιά να είναι μεγαλύτερη των \$25.056,01 σε χρονικό ορίζοντα 1 ημέρας.

4.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων της VaR

Στον πιο κάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της VaR, που προέκυψαν μέσω των τριών κυρίων μεθόδων υπολογισμού της για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99%, και σε χρονικό ορίζοντα 1 ημέρας.

	Διακύμανση- Συνδιακύμανση	Ιστορική Προσομοίωση	Προσομοίωση Μόντε Κάρλο
VaR(95%)	-\$17.691,05	-\$16.810,01	-\$17.758,97
VaR(99%)	-\$25.020,79	-\$31.018,29	-\$25.056,01

Πίνακας 4.9: Σύνοψη αποτελεσμάτων ημερήσιων VaR

Από τον πιο πάνω πίνακα, παρατηρούνται τα ακόλουθα:

- Σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, οι μεθοδολογίες της Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης και της Προσομοίωσης Μόντε Κάρλο έδωσαν σχεδόν τα ίδια αποτελέσματα για την ημερήσια VaR (-\$17.691,05 και -\$17.758,97 αντίστοιχα).
- Σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, η μεθοδολογία της Ιστορικής Προσομοίωσης έδωσε παραπλήσια αποτελέσματα με τα αποτελέσματα που έδωσαν οι μεθοδολογίες της Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης και της Προσομοίωσης Μόντε Κάρλο.

- Σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99%, η σχέση των εκτιμήσεων της ημερήσιας VaR είναι αντίστοιχη των εκτιμήσεων που υπολογίστηκαν και για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Δηλαδή, οι μεθοδολογίες της Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης και της Προσομοίωσης Μόντε Κάρλο έδωσαν σχεδόν τα ίδια αποτελέσματα (-\$25.020,79 και -\$25.056,01 αντίστοιχα) και η μεθοδολογία της Ιστορικής Προσομοίωσης παρουσίασε σχετικά ψηλότερες ζημιές από ότι οι άλλες δύο μεθοδολογίες (-\$31.018,29).
- Η μέθοδος της Ιστορικής Προσομοίωσης εκτιμά μικρότερη την VaR 95% σε σχέση με τις άλλες δύο μεθόδους ενώ εκτιμά την VaR 99% μεγαλύτερη συγκριτικά με τις δύο άλλες μεθόδους.

Ένας γενικότερος σχολιασμός σε σχέση με τα πιο πάνω αποτελέσματα είναι ότι οι τρεις μεθοδολογίες δίνουν διαφορετικά αριθμητικά αποτελέσματα για την εκτίμηση της VaR, είτε σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είτε σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99%. Οι διαφορές αυτές οφείλονται στο γεγονός ότι η κάθε μέθοδος διέπεται από μια σειρά διαφορετικών υποθέσεων.

Πιο συγκεκριμένα, αναφέρουμε ότι η πρώτη μέθοδος που χρησιμοποιήσαμε, η μέθοδος της Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης, κάνει υπόθεση περί κανονικής κατανομής των αποδόσεων, η δεύτερη μέθοδος, η μέθοδος της Ιστορικής προσομοίωσης, υποθέτει ότι οι αποδόσεις θα συνεχίσουν να εξελίσσονται στο μέλλον ακριβώς όπως και στο παρελθόν, και η τρίτη, η μέθοδος της προσομοίωσης Μόντε Κάρλο, υποθέτει ότι η υποκείμενη στοχαστική διαδικασία είναι ρεαλιστική και θα συνεχίσει να ισχύει και στο άμεσο μέλλον.

Ως εκ τούτου, η VaR είναι χρήσιμη μόνο αν προβλέπει μελλοντικούς κινδύνους με ακρίβεια. Προκειμένου να αξιολογηθεί η ποιότητα από τις εκτιμήσεις που δίνει, τα μοντέλα θα πρέπει πάντα να είναι backtested με τις κατάλληλες μεθόδους. Όπως ανέφερε και ο Aaron Brown, «*Η Value-at-Risk είναι τόσο καλή όσο και το backtest της. Όταν κάποιος μου δείχνει έναν αριθμό Value-at-Risk, δεν ζητώ το πώς υπολογίζεται, ζητώ να δω το backtest*»¹⁰.

¹⁰ Απόσπασμα από τον Aaron Brown στο τεύχος (Ιούνιος/Ιούλιος 2008) της Παγκόσμιας Ένωσης Επαγγελματιών Διαχείρισης Κινδύνων. (Πηγή: <https://www.kpmg.com/LU/en/IssuesAndInsights/Articlespublications/Documents/Backtesting-Market-Risk-Models-KPMG-2011.pdf>).

4.5 Επανελέγχος (Backtesting)

Στην ενότητα αυτή, πρόκειται να εξετάσουμε σε δεδομένα εκτός του δείγματος που χρησιμοποιήσαμε για την κατασκευή των μοντέλων, κατά πόσο οι πραγματικές απώλειες αντιστοιχούν στις υπολογιζόμενες απώλειες που εκτιμήθηκαν χρησιμοποιώντας τις τρεις μεθοδολογίες της VaR. Θα συγκρίνουμε δηλαδή τις εκτιμώμενες ζημιές που απέδωσαν τα μοντέλα VaR με μεταγενέστερες αποδόσεις.

Όπως αναφέραμε στην ενότητα 4.2, οι πρώτες 1000 παρατηρήσεις που προέκυψαν από το δείγμα μας θα χρησιμοποιούνταν για την κατασκευή των μοντέλων και οι 258 για τον επανελέγχο (backtesting) των μοντέλων.

Τα στάδια που ακολουθήσαμε για το backtesting είναι τα ακόλουθα:

1. Συγκρίναμε την $Var(95\%)$ που είχαμε υπολογίσει χρησιμοποιώντας τις τρεις μεθοδολογίες (Διακύμανση-Συνδιακύμανση, Ιστορική προσομοίωση, Προσομοίωση Μόντε Κάρλο) με τις ημερήσιες αποδόσεις των 258 παρατηρήσεων. Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήσαμε στην excel **IF statement**, στο οποίο ορίσαμε να επιστρέφει τον αριθμό 1 σε περίπτωση που η απόδοση (loss) είναι μεγαλύτερη από την εκτιμώμενη VaR και 0 εάν ισχύει το αντίθετο.
2. Υπολογίσαμε τη συνολική ποσοστιαία ζημιά που προέκυπτε στις περιπτώσεις που η συνάρτηση έδωσε ως αποτέλεσμα τον αριθμό 1 και στις τρεις μεθόδους.
3. Υπολογίσαμε τη διαφορά της πραγματικής συνολικής ποσοστιαίας ζημιάς με την μέγιστη εκτιμώμενη ποσοστιαία ζημιά που έδωσαν οι τρεις μέθοδοι VaR.
4. Βρήκαμε το ποσό της συνολικής ζημιάς του χαρτοφυλακίου μας το οποίο ξεπερνούσε τις μέγιστες εκτιμώμενες δυνητικές ζημιές που έδωσαν τα μοντέλα VaR που κατασκευάσαμε.
5. Για την VaR με επίπεδο εμπιστοσύνης 99% ακολουθήσαμε την διαδικασία που περιγράφεται στο σημείο 1 μόνο, λόγω των αποτελεσμάτων της.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν συνοψίζονται στους πιο κάτω πίνακες:

Πίνακας 4.9: Backtesting Μεθόδων VaR95%

Var (95%)	Διακύμανση- Συνδιακύμανση	Ιστορική Προσομοίωση	Προσομοίωση Μόντε Κάρλο
Φορές που η πραγματική ζημιά ξεπέρασε την Var	5	5	5
Διαφορά Συνολικής Ποσοστιαίας Ζημιάς	-1,6798%	-2,1203%	-1,6458%
Διαφορά Συνολικής Ζημιάς	-\$16.797,61	-\$21.202,80	-\$16.458,00

Πίνακας 4.10: Backtesting Μεθόδων VaR99%

Var (99%)	Διακύμανση- Συνδιακύμανση	Ιστορική Προσομοίωση	Προσομοίωση Μόντε Κάρλο
Φορές που η πραγματική ζημιά ξεπέρασε την Var	0	0	0

Από τον πρώτο πίνακα παρατηρείται ότι, σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, στο χρονικό διάστημα των 258 ημερών, οι πραγματικές ημερήσιες απώλειες ξεπέρασαν την VaR που υπολογίσαμε με τις τρεις μεθόδους 5 φορές. Όσον αφορά την VaR με τη μέθοδο της Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης, παρατηρείται ότι το χαρτοφυλάκιό μας είχε \$16.797,61 περισσότερες ζημιές από τις εκτιμώμενες που έδωσε η μέθοδος. Αντίστοιχα και με τις μεθόδους της Ιστορικής Προσομοίωσης και της Προσομοίωσης Μόντε Κάρλο, το χαρτοφυλάκιό μας υπέστη ζημιές μεγαλύτερες των εκτιμώμενων, οι οποίες ανήλθαν σε ύψος \$21.202,80 και \$16.458 αντίστοιχα.

Από τον δεύτερο πίνακα, παρατηρείται ότι, σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99%, στο χρονικό διάστημα των 258 ημερών, δεν υπήρχαν απώλειες που ξεπέρασαν την υπολογιζόμενη VaR.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα, παρατηρούμε ότι η Διακύμανση-Συνδιακύμανση δίνει σχεδόν τα ίδια αποτελέσματα με την Προσομοίωση Μόντε Κάρλο, και αυτό πιθανόν να συμβαίνει εξαιτίας του γεγονότος ότι και οι δύο μέθοδοι βασίζονται στην υπόθεση ότι οι αποδόσεις ακολουθούν την κανονική κατανομή. Όσον αφορά τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης, δεν παρουσιάζει διαφορές με τις άλλες δύο μεθόδους, γεγονός που μας οδηγεί στο ίδιο συμπέρασμα διότι πιθανόν να βασίζεται στις ίδιες υποθέσεις για κανονικότητα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύτηκε τη μέτρηση του κινδύνου αγοράς, μέσω του δημοφιλές εργαλείου της Value at Risk, το οποίο έχει καθιερωθεί ως βασικό εργαλείο της Διαχείρισης Κινδύνων. Η έννοια της VaR αποτελεί ένα άμεσα κατανοητό μέτρο των χρηματοοικονομικών κινδύνων κάθε μορφής και αναφέρεται στη μέγιστη ζημιά, η οποία μπορεί να εμφανιστεί σε προκαθορισμένο χρονικό διάστημα και με δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης.

Για τον υπολογισμό της VaR, αναπτύχθηκαν διάφορες μεθοδολογίες, οι οποίες χωρίζονται σε παραμετρικά και μη παραμετρικά μοντέλα. Στην εργασία παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν οι τρεις κυριότερες μέθοδοι υπολογισμού της (Ιστορικής Προσομοίωσης, Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης, Προσομοίωσης Μόντε Κάρλο) και στη συνέχεια έγινε εμπειρική εφαρμογή των μεθόδων σε πραγματικά δεδομένα του Γενικού Δείκτη του χρηματιστηρίου των ΗΠΑ S&P500, για εκτίμηση της ημερήσιας VaR σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99%.

Από την εφαρμογή των τριών μεθοδολογιών προκύπτει ότι και οι τρεις μεθοδολογίες δίδουν διαφορετικά αριθμητικά αποτελέσματα για την εκτίμηση της δυνητικής ζημιάς. Οι διαφορές αυτές οφείλονται στο γεγονός ότι η κάθε μέθοδος διέπεται από μια σειρά διαφορετικών υποθέσεων. Ανεξάρτητα όμως, από το ποια μέθοδος επιλέγεται για τον υπολογισμό της VaR, η VaR είναι χρήσιμη μόνο εάν προβλέπει τους μελλοντικούς κινδύνους με ακρίβεια, και τα αποτελέσματα που δίδει είναι αξιόπιστα. Για το λόγο αυτό πρέπει να γίνεται επανέλεγχος (backtesting) των εκτιμήσεων που δίδει με τις απώλειες που πραγματοποιήθηκαν.

Από τον επανέλεγχο που έγινε στις πραγματικές απώλειες που σημείωσε ο Δείκτης σε σχέση με τις προβλεπόμενες απώλειες που έδωσαν οι μεθοδολογίες της VaR, προκύπτει ότι σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, σε διάστημα ενός έτους, οι ημερήσιες πραγματικές απώλειες ξεπέρασαν την VaR 5 φορές, συχνότητα η οποία αποδίδει μία αξιοπιστία στα μοντέλα μας. Αντίστοιχα σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% τα μοντέλα μας σε διάστημα ενός έτους ήταν ακριβή.

Επιπρόσθετα, το μέτρο της VaR εμπεριέχει τον κίνδυνο οι πραγματικές απώλειες να είναι μεγαλύτερες από τις δυνητικές ζημιές που εκτιμήθηκαν από τις μεθοδολογίες της VaR, καθώς αναφέρεται σε πιθανότητα χειρίστης απώλειας εντός προκαθορισμένου επιπέδου εμπιστοσύνης. Επίσης, παρόλο που δίδεται το ποσοστό της πιθανότητας για μεγαλύτερη

απώλεια, η VaR δεν εκτιμά το ακριβές ποσό της απώλειας αυτής. Επομένως, θα ήταν χρήσιμο η παρούσα εργασία να διευρυνθεί με Προσομοίωση Ακραίων Καταστάσεων (Stress test) για τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην εμπειρική εφαρμογή και να συγκριθούν με τις πραγματικές απώλειες που σημειώθηκαν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

Αγγελόπουλος Π.Χ., (2010), *Τράπεζες και Χρηματοπιστωτικό Σύστημα*, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα.

Αγκυρόπουλος Χ., (2007), *Αποτίμηση κινδύνου χαρτοφυλακίων με τη μέθοδο VaR μέσω προσομοίωσης*, Μεταπτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, <http://digilib.lib.unipi.gr/dspace/bitstream/unipi/1791/1/Agkiropoulos.pdf>.

Δούμπος Μ., (2006), «Διαχείριση Χρηματοοικονομικών Κινδύνων και Value at Risk», *EpistimonikoMarketing.gr*, www.epistimonikomarketing.gr/diaxeirisi-xrimatooikonomikon-kindunon-kai-Value-at-Risk.

Καινούργιος Δ., (2002), «Value-at-Risk (VAR) μεθοδολογία εκτίμησης του κινδύνου αγοράς και VAR παράγωγα εργαλεία», Ένωση Ελληνικών Τραπεζών, σ. 77-86, www.hba.gr/5Ekdosis/DeltioDetails.asp?id=56.

Μελάς Κ., (2009), *Εισαγωγή στην Τραπεζική Χρηματοοικονομική Διοικητική*, Εξάντας, Αθήνα.

Παρασύρη Δ., (2009), *Τραπεζικοί κίνδυνοι σύμφωνα με τα πρότυπα της Βασιλείας 2*, Μεταπτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, <https://dspace.lib.uom.gr/bitstream/2159/13516/1/ParasiriMsc2009.pdf>.

Ξένη

Alexander C., (2001), *Market Model: A Guide to Financial Data Analysis*, John Wiley & Sons, West Sussex, www.wiley.com/legacy/wileychi/marketmodels/samples.html.

Alexander C., (2008), *Market Risk Analysis Volume IV: Value at Risk Models*, John Wiley & Sons Ltd, West Sussex.

Ammann M. and C. Reich, (2001), “VaR for Nonlinear Financial Instruments-Linear Approximation or full Monte Carlo?”, *Financial Markets and Portfolio Management*, Vol. 15, pp. 363 -378, www.econbiz.de/archiv1/2009/95388_var_wertpaper_risiko.pdf.

Britten J. M. and S. M. Schaefer, (1999), ‘‘Non-linear value-at-risk’’, *European Finance Review* 2, pp.161-187.

Butler C., (1999), *Mastering Value at Risk*, Pearson Education Limited, Great Britain.

Crouhy M., Galai D. and R. Mark, (2001), *Risk Management*, Mc-Graw Hill, New York.

Crouhy M., Galai D. and R. Mark, (2006), *The essentials of Risk Management*, Mc-Graw Hill, New York.

Culp C.L., Miller M.H. and A.M.P. Neves, (1998), ‘‘Value at Risk: Uses and Abuses’’, *Bank of America-Journal of Applied Corporate Finance*, vol.10, issue 4, pp. 26-38, www.rmcsinc.com/articles/JACF104.pdf.

Dowd K., (1998), *Beyond Value at Risk: The new science of risk management*, John Wiley & Sons, West Sussex.

Dowd K., (2005), *Measuring Market Risk*, 2nd ed., John Wiley & Sons, West Sussex.

Hakala J. and U. Wystup, (2002), *Foreign Exchange Risk: Models, Instruments and Strategies*, Risk Publications, London.

Hull J.C., (2012), *Risk Management and Financial Institutions*, 3rd ed., John Wiley & Sons, New Jersey.

Jorion P., (2007), *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*, 3rd ed., Mc-Graw Hill, New York.

KPMG Advisory, (2011), ‘‘Financial Risk Management-Backtesting-Value at Risk Models’’, <https://www.kpmg.com/LU/en/IssuesAndInsights/Articlespublications/Documents/Backtesting-Market-Risk-Models-KPMG-2011.pdf>.

Lewis N.D.C., (2012), *Market Risk Modelling*, 2nd ed., Risk Books, London.

Linsmeier T.J. and N.D. Pearson, (1999), ‘‘Risk Measurement: An Introduction to Value at Risk’’, Working Paper, University of Illinois at Urbana-Champaign, www.exinfm.com/training/pdffiles/valueatrisk.pdf.

RiskMetrics Group, (1999), *Risk Management: Practical Guide*, 1st ed., J.P. Morgan & Co, New York.

Szylar C., (2014), *Handbook of Market Risk*, John Wiley & Sons, New Jersey.

Ιστοσελίδες

<http://www.atlanticfs.com/attachments/article/3/Financial%20Instruments%20and%20Risks%20GR.pdf>

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

<http://www.investopedia.com/>

<http://www.quantitative-finance-by-examples.com>

<http://www.simplilearn.com/resources/finance-management-articles/financial-risk-and-its-types-rar131>

<https://www.windsorbrokers.com/node/171942>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας Α: Ταξινόμηση των παρατηρήσεων των αποδόσεων

A/A	Αποδόσεις		A/A	Αποδόσεις
951	-0,0169	50η Παρατήρηση	976	-0,0237
952	-0,0171		977	-0,0238
953	-0,0172		978	-0,0246
954	-0,0174		979	-0,0247
955	-0,0179		980	-0,0250
956	-0,0181		981	-0,0250
957	-0,0183		982	-0,0253
958	-0,0186		983	-0,0256
959	-0,0188		984	-0,0267
960	-0,0189		985	-0,0279
961	-0,0189		986	-0,0282
962	-0,0194		987	-0,0285
963	-0,0195		988	-0,0288
964	-0,0200		989	-0,0294
965	-0,0203		990	-0,0310
966	-0,0205		991	-0,0311
967	-0,0207		992	-0,0319
968	-0,0210		993	-0,0324
969	-0,0211		994	-0,0344
970	-0,0221		995	-0,0367
971	-0,0221	996	-0,0390	
972	-0,0223	997	-0,0442	
973	-0,0228	998	-0,0446	
974	-0,0230	999	-0,0478	
975	-0,0234	1000	-0,0666	

10η Παρατήρηση