

# Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Οικονομικών Επιστημών και Διοίκησης

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών  
«Τραπεζική και Χρηματοοικονομική»

## Μεταπτυχιακή Διατριβή



Εκτίμηση Χρηματοοικονομικών Κινδύνων Με  
VaR (Value at Risk) Και Εφαρμογή Στους Δείκτες “NASDAQ  
Composite”, “Dow Jones Industrial Average” Και “Russell 2000”

Αντώνης Κυριακίδης

Επιβλέπων Καθηγητής  
Δρ. Στέλιος Μαρκουλής

Μάιος 2021

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**Σχολή Οικονομικών Επιστημών και Διοίκησης**

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών  
«Τραπεζική και Χρηματοοικονομική»**

## **Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**Εκτίμηση Χρηματοοικονομικών Κινδύνων Με  
VaR (Value at Risk) Και Εφαρμογή Στους Δείκτες “NASDAQ  
Composite”, “Dow Jones Industrial Average” Και “Russell 2000”**

**Αντώνης Κυριακίδης**

**Επιβλέπων Καθηγητής  
Δρ. Στέλιος Μαρκουλής**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στην Τραπεζική και Χρηματοοικονομική από τη Σχολή Οικονομικών Επιστημών και Διοίκησης του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

**Μάιος 2021**



## Περίληψη

Τα πιστωτικά ιδρύματα και οι επιχειρήσεις στην καθημερινή τους λειτουργία αντιμετωπίζουν σημαντικούς χρηματοπιστωτικούς κινδύνους. Στην προσπάθειά τους να μετριάσουν αυτούς τους κινδύνους, έχουν αναπτύξει διάφορα εργαλεία, τα οποία χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του βαθμού έκθεσής τους στους κινδύνους αυτούς και τις πιθανές ζημιές που μπορούν να προκύψουν στα χαρτοφυλάκια και τις μετοχές τους.

Ένα σημαντικό και ευρέως διαδεδομένο εργαλείο υπολογισμού αυτών των κινδύνων είναι η μέθοδος εκτίμησης και ποσοτικοποίησης χρηματοπιστωτικών κινδύνων «Αξία σε Κίνδυνο» (Value at Risk). Η παρούσα εργασία καταπιάνεται με το εν λόγω εργαλείο, την έννοιά του, το πώς προέκυψε, τις εφαρμογές του, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του, όπως και τις κυριότερες μεθόδους υπολογισμού του.

Συγκεκριμένα, σκοπός της εργασίας αυτής είναι να ερευνησει, μέσα από μια μελέτη περίπτωσης (case study), την αποτελεσματικότητα της «Αξίας σε Κίνδυνο» και να εξετάσει: (α) κατά πόσο συγκλίνουν τα αποτελέσματα της μέτρησης της αποτελεσματικότητάς της χρησιμοποιώντας τρεις διαφορετικές μεθόδους εκτίμησης (Διακύμανσης - Συνδιακύμανσης, Ιστορικής Προσομοίωσης και Προσομοίωσης Monte Carlo), και (β) πόσο αξιόπιστη είναι η μέθοδος «Αξία σε Κίνδυνο» για τη μέτρηση συγκεκριμένων χρηματοπιστωτικών κινδύνων. Για την επίτευξη των στόχων αυτών, γίνεται εφαρμογή των τριών προαναφερθέντων μεθόδων εκτίμησης σε πραγματικά δεδομένα (τιμές κλεισίματος) των χρηματιστηριακών δεικτών “NASDAQ Composite”, “Dow Jones Industrial Average” και “Russell 2000”, για συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας κατέδειξαν ότι οι εκτιμήσεις που έχουν εξαχθεί από τις μεθόδους της Διακύμανσης - Συνδιακύμανσης και της Προσομοίωσης Monte Carlo συγκλίνουν ποσοτικά (περίπου η ίδια ζημιά) σε μεγάλο βαθμό, ενώ τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει από τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης φαίνεται (σε συγκεκριμένα επίπεδα εμπιστοσύνης) να αποκλίνουν από τις άλλες δύο μεθόδους. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στο ότι η κάθε μέθοδος διέπεται από μια σειρά διαφορετικών υποθέσεων. Επίσης, κατέδειξαν ότι η «Αξία σε Κίνδυνο» αποτελεί έναν αρκετά αξιόπιστο εκτιμητή, ο οποίος εντούτοις δεν μπορεί να δώσει στο 100% την ενδεχόμενη ζημιά. Συνεπώς, θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλα εργαλεία για καλύτερα αποτελέσματα.

## Summary

Credit institutions and firms are confronted with important financial risks in their daily operation. In their effort to mitigate these risks, they have developed several tools which are used to evaluate the degree of their exposure to these risks and the possible losses that might occur to their portfolios and stocks.

An important and widely used tool for measuring these risks is “Value at Risk”, a method of estimation and quantification of financial risks. The present dissertation deals with the said tool, its meaning, how it occurred, its implementations, its advantages and disadvantages and finally its main calculating methods.

In particular, the purpose of this dissertation is to investigate through a case study the effectiveness of “Value at Risk” and to examine: (a) whether the results of the measurement of its effectiveness converge, by using three different methods of estimation (Variance – Covariance, Historical Simulation and Monte Carlo Simulation), and (b) how reliable the “Value at Risk” method is for the measurement of particular financial risks. For the achievement of these objectives, the three aforementioned methods of estimation are implemented for a particular time period on real data (closing prices) of the stock market indices “NASDAQ Composite”, “Dow Jones Industrial Average” and “Russell 2000”.

The results of the present dissertation have proven that the estimations which have been extracted from the methods of Variance – Covariance and Monte Carlo Simulation converge quantitatively (approximately the same loss) to a great degree, while the results that have been extracted from the Historical Simulation method seem to diverge (on particular confidence levels) from the other two methods. This is probably due to the fact that each method is governed by a series of different assumptions. Furthermore, they have proven that “Value at Risk” constitutes a considerably reliable estimator, which nonetheless cannot estimate 100% the possible loss. Therefore, it should be used in combination with other tools for better results.

## **Ευχαριστίες**

Η εκπόνηση της παρούσας μελέτης αποτέλεσε μια χρονοβόρα διαδικασία. Θα ήταν παράλειψή μου να μην αναφερθώ σε συγκεκριμένα άτομα που με υποστήριξαν στο να τη φέρω εις πέρας.

Πρωτίστως, επιθυμώ να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Στέλιο Μαρκουλή τόσο για την καθοδήγηση που μου παρείχε ώστε να ολοκληρώσω τη διπλωματική μου εργασία, όσο και για την ιδέα που πήρα μέσα από μάθημά του που είχα παρακολουθήσει, το οποίο αποτέλεσε το έναυσμα για να εντρυφήσω στο συγκεκριμένο θέμα.

Επίσης, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου για την πολύτιμη στήριξη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Ιδιαίτερη μνεία επιθυμώ να κάνω στον αδερφό μου Ερμή Κυριακίδη για την πολύπλευρη συνεισφορά του. Όποτε τον χρειάστηκα ήταν δίπλα μου, ενθαρρύνοντας με στο να αποπερατώσω την παρούσα μελέτη και να ολοκληρώσω τις σπουδές μου σε μεταπτυχιακό επίπεδο.

# Περιεχόμενα

<b>Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....</b>	<b>1</b>
<b>Κεφάλαιο 2. Επιχειρηματικοί-Χρηματοοικονομικοί Κίνδυνοι.....</b>	<b>4</b>
2.1 Κίνδυνος Αγοράς.....	5
2.1.1 Κίνδυνος Επιτοκίου.....	6
2.1.2 Συναλλαγματικός Κίνδυνος.....	7
2.1.3 Κίνδυνος Αξίας Εμπορευμάτων.....	7
2.1.4 Κίνδυνος Μετοχών.....	8
2.2 Κίνδυνος Ρευστότητας.....	8
2.3 Πιστωτικός Κίνδυνος.....	10
2.4 Λειτουργικός Κίνδυνος.....	11
<b>Κεφάλαιο 3. Διαχείριση Κινδύνων: Ιστορικά Γεγονότα- Αναζήτηση Λύσεων.....</b>	<b>14</b>
3.1 Ιστορική Αναδρομή – Προσπάθεια Επίλυσης Προβλήματος.....	14
3.2 Παράγωγα (Derivatives).....	15
<b>Κεφάλαιο 4. «Αξία σε Κίνδυνο» (Value at Risk-VaR).....</b>	<b>20</b>
4.1 Πώς Προέκυψε.....	20
4.2 Έννοια - Ορισμός.....	22
4.3 Χρήση VaR – Εφαρμογές.....	22
4.4 Παράμετροι.....	23
4.4.1 Χρονικός Ορίζοντας.....	23
4.4.2 Επίπεδο (Διάστημα) Εμπιστοσύνης.....	24
4.4.3 Ιστορική Περίοδος Δεδομένων (Περίοδος Παρατήρησης).....	24
4.5 Υπολογισμός VaR.....	24
4.6 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα VaR.....	28
<b>Κεφάλαιο 5. Μέθοδοι Υπολογισμού VaR.....</b>	<b>32</b>
5.1 Μέθοδος Ιστορικής Προσομοίωσης.....	33
5.1.1 Πλεονεκτήματα Μεθόδου Ιστορικής Προσομοίωσης.....	35
5.1.2 Μειονεκτήματα Μεθόδου Ιστορικής Προσομοίωσης.....	35
5.2 Μέθοδος Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης.....	35
5.2.1 Χαρτογράφηση Κινδύνου (Risk Mapping).....	36

5.2.2 Πλεονεκτήματα Μεθόδου Διακύμανσης - Συνδιακύμανσης .....	36
5.2.3 Μειονεκτήματα Μεθόδου Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης.....	37
5.3 Μέθοδος Προσομοίωσης Monte Carlo .....	37
5.3.1 Πλεονεκτήματα Μεθόδου Προσομοίωσης Monte Carlo .....	38
5.3.2 Μειονεκτήματα Μεθόδου Προσομοίωσης Monte Carlo .....	39
5.4 Σύγκριση Μεθόδων VaR.....	39
<b>Κεφάλαιο 6. Μεθοδολογία .....</b>	<b>43</b>
6.1 Οι Τρεις Χρηματιστηριακοί Δείκτες.....	43
6.1.1 NASDAQ Composite (^IXIC).....	43
6.1.2 Dow Jones Industrial Average(^DJI) .....	44
6.1.3 Russell 2000 (^RUT).....	44
6.2 Επανάλεγχος (Backtesting).....	45
6.3 Δεδομένα .....	45
<b>Κεφάλαιο 7. Εμπειρική Εφαρμογή - Αποτελέσματα.....</b>	<b>46</b>
7.1 Υπολογισμός VaR με τη Μέθοδο Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης (Variance – Covariance).....	50
7.2 Υπολογισμός VaR με τη Μέθοδο Ιστορικής Προσομοίωσης (Historical Simulation).....	53
7.3 Υπολογισμός VaR με τη Μέθοδο Προσομοίωσης Monte Carlo (Monte Carlo Simulation).....	54
7.4 Συσσωρευτικά Αποτελέσματα – Σύγκριση Αποτελεσμάτων Των Τριών Μεθόδων.....	56
7.5 Επανάλεγχος (Backtesting) – Έλεγχος Εγκυρότητας Αποτελεσμάτων.....	57
7.5.1 Βήματα Για Επανάλεγκο .....	57
7.5.2 Αποτελέσματα Επανελέγχου – Διαφορά Στη Συνολική Ζημιά Ανά Μέθοδο.....	58
<b>Κεφάλαιο 8. Συμπεράσματα - Επίλογος .....</b>	<b>60</b>
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>62</b>



# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

Στη σύγχρονη, παγκοσμιοποιημένη, συνεχώς εξελισσόμενη και μεταβαλλόμενη οικονομία, τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα και οι επιχειρήσεις έχουν να αντιμετωπίσουν μια πληθώρα οικονομικών κινδύνων στην προσπάθεια που καταβάλλουν για να αυξήσουν τα κέρδη τους και να επεκταθούν (Choudhry, 2013). Ειδικότερα στην περίπτωση των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων, αν αναλογιστεί κανείς πως αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους μέσω του διεθνούς δανεισμού και της διεθνούς αγοράς και πώλησης οικονομικών προϊόντων, καταλήγει στο συμπέρασμα πως οι οικονομικοί κίνδυνοι και η ευκολία εξάπλωσής τους αυξάνονται συνεχώς (Jorion, 2007). Γίνεται έτσι εύκολα αντιληπτό πως η αντιμετώπιση και η αποτελεσματική διαχείριση των χρηματοοικονομικών κινδύνων αποτελεί επιτακτική ανάγκη για κάθε εταιρεία. Διαχρονικά, η προσπάθεια που καταβάλλεται από την κάθε εταιρεία και ο στόχος του εκάστοτε τμήματος διαχείρισης κινδύνων, εστιάζεται στην εκτίμηση και μέτρηση των κινδύνων και όχι στα μέτρα που δύναται να ληφθούν για αποφυγή τους (Best, 1998). Μέσω της ποσοτικοποίησης των κινδύνων, μπορεί η Διοίκηση μιας εταιρείας να συνδέει αυτούς τους κινδύνους με συγκεκριμένες επιχειρηματικές δραστηριότητες (Linsmeier & Pearson, 1996). Έτσι, είναι σε θέση να υπολογίζει το κεφάλαιο που απαιτείται για κάλυψή τους και να λαμβάνει τα δέοντα μέτρα προς αντιμετώπιση των αρνητικών επιπτώσεων στην Καθαρή Θέση της εταιρείας από την επίδραση αυτών των κινδύνων.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως υπάρχει ένα ευρύ φάσμα μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν κατά το παρελθόν και εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται ανά το παγκόσμιο σε θέματα που άπτονται της μέτρησης (εκτίμησης) των χρηματοοικονομικών κινδύνων (Jorion, 2007). Μία απ' αυτές τις μεθόδους, η οποία είναι αρκετά διαδεδομένη μέθοδος εκτίμησης του κινδύνου αγοράς είναι αυτή της «Αξίας σε Κίνδυνο» (Value at Risk) (Choudhry, 2013). Μέσω της προσέγγισης της VaR γίνεται εκτίμηση (ποσοτικά) της μέγιστης δυνατής ζημιάς που μπορεί να προκύψει σε ένα χαρτοφυλάκιο

μέσα σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο (time period) και για καθορισμένο επίπεδο εμπιστοσύνης (confidence level).

Η συγκεκριμένη μελέτη μπορεί να φανεί χρήσιμη σε δυνητικούς επενδυτές και γενικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί από άτομα που ασχολούνται με τη διαχείριση οικονομικών κινδύνων, τόσο σε χρηματοπιστωτικούς οργανισμούς και επιχειρήσεις, όσο και σε μη χρηματοπιστωτικούς οργανισμούς. Επίσης, δύναται να χρησιμοποιηθεί ως αναφορά από προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές που μελετούν τη διαχείριση χρηματοοικονομικών κινδύνων. Επιπλέον, η μελέτη αυτή μπορεί να φανεί χρήσιμη σε άτομα που ενδιαφέρονται να μελετήσουν το συγκεκριμένο αντικείμενο, αλλά έχουν λίγη ή καθόλου προηγούμενη τριβή με το θέμα, αφού γίνεται λεπτομερής επεξήγηση των οικονομικών όρων που σχετίζονται με την «Αξία σε Κίνδυνο».

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να ερευνηθεί, μέσα από μια μελέτη περίπτωσης (case study), την αποτελεσματικότητα της «Αξίας σε Κίνδυνο» (VaR), ενός ευρέως διαδεδομένου ανά το παγκόσμιο μέτρου ποσοτικής εκτίμησης διάφορων κινδύνων που αντιμετωπίζουν τόσο τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, όσο και οι επιχειρήσεις.

Συγκεκριμένα, η παρούσα εργασία επιδιώκει να απαντήσει στα εξής δύο ερωτήματα:

1. Πόσο συγκλίνουν τα αποτελέσματα της μέτρησης της αποτελεσματικότητας της VaR χρησιμοποιώντας τρεις διαφορετικές μεθόδους εκτίμησης;
2. Πόσο αξιόπιστος είναι ο εκτιμητής για τη μέτρηση των χρηματοπιστωτικών κινδύνων;

Μέσα από την παρούσα εργασία θα εξεταστεί αν αυτό το εργαλείο μπορεί να δώσει μια ασφαλή εικόνα των ζημιών (loss amount, percentage) που πιθανόν να προκύψουν σε ένα χαρτοφυλάκιο, με ποια πιθανότητα (confidence level) και σε τι χρονικό ορίζοντα (time period). Αυτή η έρευνα, λοιπόν, αναμένεται να συνεισφέρει στην υπάρχουσα βιβλιογραφία, μελετώντας την αποτελεσματικότητα της VaR σε τρεις χρηματιστηριακούς δείκτες των Η.Π.Α., τον NASDAQ Composite, τον Dow Jones Industrial Average και τον Russell 2000.

Ασφαλώς, τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης θα πρέπει να ερμηνευτούν λαμβάνοντας υπόψη συγκεκριμένους περιορισμούς που είχε η μελέτη αυτή. Συγκεκριμένα, για την επίτευξη του σκοπού της εργασίας αυτής έχουν επιλεγεί τρεις συγκεκριμένες μέθοδοι υπολογισμού της VaR και η εφαρμογή τους έγινε σε τρεις χρηματιστηριακούς δείκτες για προεπιλεγμένη χρονική περίοδο. Παρά τους πιο πάνω περιορισμούς, τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα της εργασίας αυτής αποτελούν μια πρώτη ένδειξη για την αξιοπιστία του υπό εξέταση εκτιμητή (VaR).

Πιο αναλυτικά, η δομή της παρούσας εργασίας είναι η ακόλουθη:

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται εκτενής αναφορά στους κυριότερους χρηματοοικονομικούς κινδύνους που αντιμετωπίζουν διαχρονικά τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα και οι επιχειρήσεις. Αναλύεται ο κίνδυνος αγοράς και οι επιμέρους κίνδυνοί του. Ουσιαστικά, αναφέρονται οι κίνδυνοι για τους οποίους έγινε προσπάθεια εκτίμησης/ποσοτικοποίησής τους μέσω της VaR ή άλλων μεθόδων/προσεγγίσεων.

Στο Κεφάλαιο 3 γίνεται μια σύντομη αναφορά σε σημαντικά ιστορικά γεγονότα που ώθησαν τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα να αναπτύξουν διάφορα συστήματα υπολογισμού των οικονομικών κινδύνων. Παράλληλα, περιγράφεται η ανάπτυξη των αγορών παραγώγων ως ένας διαδεδομένος τρόπος διαχείρισης των κινδύνων.

Στο Κεφάλαιο 4 γίνεται αναφορά στην «Αξία σε Κίνδυνο» (VaR). Συγκεκριμένα, γίνεται μια σύντομη ιστορική αναδρομή στο πώς προέκυψε, στην έννοια VaR και στο πού χρησιμοποιείται. Επιπλέον, αναφέρονται τα βήματα που ακολουθούνται για τον υπολογισμό της και τέλος τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της VaR.

Στο Κεφάλαιο 5 αναφέρονται οι τρεις κυριότερες μέθοδοι υπολογισμού της VaR (Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης, Ιστορικής Προσομοίωσης, Προσομοίωσης Monte Carlo), καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κάθε μεθόδου ξεχωριστά. Επιπρόσθετα, γίνεται μια προσπάθεια σύγκρισης αυτών των μεθόδων, δηλαδή πού υπερτερεί και πού υστερεί η μία έναντι της άλλης.

Τέλος, στα Κεφάλαια 6-8 γίνεται αναφορά στη μεθοδολογία στην οποία στηρίζεται η εμπειρική διερεύνηση της εργασίας, όπως επίσης και στα αποτελέσματα και συμπεράσματα της εμπειρικής προσέγγισης.

# Κεφάλαιο 2

## Επιχειρηματικοί-Χρηματοοικονομικοί Κίνδυνοι

Τόσο το τραπεζικό σύστημα, όσο και οι επιχειρήσεις έχουν να αντιμετωπίσουν αρκετούς κινδύνους, οι οποίοι κατηγοριοποιούνται ευρύτερα σε επιχειρηματικούς και χρηματοοικονομικούς (Jorion, 2007) (βλ. Πίνακα 1). Επιχειρηματικοί, είναι οι κίνδυνοι στους οποίους είναι πρόθυμη μια εταιρεία να εκτεθεί με σκοπό να αποκτήσει πλεονέκτημα έναντι του ανταγωνισμού, αλλά και να προσδώσει αξία στους μετόχους της. Αυτοί, περιλαμβάνουν τόσο τις επιχειρηματικές αποφάσεις, όπως αποφάσεις για επενδύσεις, ανάπτυξης προϊόντων, στρατηγική μάρκετινγκ κ.ά., όσο και το επιχειρηματικό περιβάλλον στο οποίο λειτουργούν οι εταιρείες, το οποίο χαρακτηρίζεται από ανταγωνισμό και μακροοικονομικά ρίσκα. Γενικά, οι επιχειρήσεις τείνουν να λαμβάνουν τον επιχειρηματικό κίνδυνο με σκοπό να δημιουργήσουν συνθήκες ανάπτυξης. Οι επιχειρηματικοί κίνδυνοι επηρεάζονται από παράγοντες όπως η ποιότητα της στρατηγικής των επιχειρήσεων, η φήμη της επιχείρησης κ.ά. (Crouhy, Galai & Mark, 2006).

Επιχειρηματικοί Κίνδυνοι	Χρηματοοικονομικοί Κίνδυνοι
Επιχειρηματικές Αποφάσεις (π.χ. επενδύσεις ανάπτυξης προϊόντων)	Κίνδυνος Αγοράς
Επιχειρηματικό Περιβάλλον	Πιστωτικός Κίνδυνος
	Λειτουργικός Κίνδυνος
	Κίνδυνος Ρευστότητας
	Κεφαλαιακός Κίνδυνος
	Κίνδυνος Αναχρηματοδότησης

**Πίνακας 1.** Κύριες κατηγορίες κινδύνων που αντιμετωπίζουν τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα και οι επιχειρήσεις.

Ως χρηματοοικονομικός «κίνδυνος» ορίζεται η πιθανότητα να υποστεί άμεσα ή έμμεσα οικονομικές ζημιές ένα πιστωτικό ίδρυμα ή μια επιχείρηση «εξαιτίας της πραγμάτωσης ενός μη αναμενόμενου γεγονότος» (Μελάς, 2008). Πιο συγκεκριμένα, θα λέγαμε πως ο κίνδυνος που έχουν να αντιμετωπίσουν οι Τράπεζες και οι επιχειρήσεις, εκφράζεται ως η αίσθηση αβεβαιότητας (uncertainty) που σχετίζεται με ενδεχόμενες αρνητικές

μεταβολές (variations) στην αξία των ενεργητικών ή των παθητικών κεφαλαίων τους.

Σε ότι αφορά στους χρηματοοικονομικούς κινδύνους, αυτοί σχετίζονται με πιθανές απώλειες που μπορεί να προκύψουν λόγω δραστηριότητας στις χρηματοπιστωτικές αγορές (π.χ. μετοχών, ομολόγων, δανειακών κεφαλαίων) και απασχολούν κατά κύριο λόγο τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα (Μελάς, 2008). Αυτά, έχουν ως πρώτιστο στόχο την εκτίμηση και αντιμετώπιση τέτοιων κινδύνων. Ανάμεσα στους κινδύνους αυτούς είναι ο κίνδυνος αγοράς, ο πιστωτικός, ο λειτουργικός, ο κίνδυνος ρευστότητας, ο κίνδυνος επιτοκίου, ο κεφαλαιακός, ο κίνδυνος αναχρηματοδότησης κ.ά. Επιπλέον, οι Τράπεζες που εμπλέκονται σε διαδικασίες πράξεων συναλλάγματος ή σε διαδικασίες εκτός ισολογισμού, είναι αντιμετώπιες με κινδύνους όπως ο συναλλαγματικός και ο κίνδυνος χώρας. Πιο κάτω παρατίθεται μια εκτενέστερη ανάλυση των κυριότερων κινδύνων.

## 2.1 Κίνδυνος Αγοράς

Ο κίνδυνος αγοράς (market / systematic risk) προκύπτει από τις διακυμάνσεις στις τιμές των περιουσιακών στοιχείων, τόσο του ενεργητικού, όσο και του παθητικού μιας εταιρείας, που αποτελούν αντικείμενο διαπραγμάτευσης στις χρηματοπιστωτικές αγορές (π.χ. ομόλογα, μετοχές, συναλλαγματικές, δανειακά κεφάλαια) (Best, 1998). Αυτές οι αρνητικές μεταβολές μπορεί να επηρεάσουν την Καθαρή Θέση αλλά και την ανταγωνιστικότητα μιας επιχείρησης, ανάλογα πάντοτε και με τον βαθμό στον οποίο η επιχείρηση είναι εκτεθειμένη σ' αυτόν τον κίνδυνο. Σύμφωνα με την J.P. Morgan (1996) ο κίνδυνος αγοράς σχετίζεται με την αβεβαιότητα των μελλοντικών κερδών ως αποτέλεσμα των αλλαγών στις συνθήκες της αγοράς (π.χ. τιμές περιουσιακών στοιχείων, επιτόκια). Τέτοιες αλλαγές στις χρηματαγορές μπορούν να επιφέρουν μείωση στη νομισματική αξία μιας μετοχής ή ενός χαρτοφυλακίου. Στις εμπορικές συναλλαγές, αυτό το ρίσκο προκύπτει τόσο από μη αντισταθμισμένα ανοίγματα (θέσεις), όσο και από ατελείς συσχετίσεις μεταξύ θέσεων που προορίζονται για κάλυψη (αντιστάθμιση) η μια της άλλης (Crouhy et al., 2006).

Σύμφωνα με τον Jorion (2007), στις περιπτώσεις όπου εκφράζεται σε νομισματικούς όρους, εκεί δηλαδή που μπορεί να μετρηθεί ποσοτικά στο νόμισμα που είναι η θέση (επένδυση), ο κίνδυνος αγοράς αναφέρεται ως «απόλυτος», ενώ στις περιπτώσεις όπου μετριέται σε σχέση με κάποιο δείκτη αναφοράς, τότε αναφέρεται ως «σχετικός». Παράλληλα, ο κίνδυνος αγοράς μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

τον «Κατευθυντικό» (Directional) και τον «Μη κατευθυντικό» (Nondirectional) (Jorion, 2007). Ο πρώτος, σχετίζεται με μεταβολές σε χρηματοοικονομικές μεταβλητές, όπως οι τιμές μετοχών ή αγαθών, οι συναλλαγματικές ισοτιμίες και τα επιτόκια, ενώ ο δεύτερος σχετίζεται με ανοίγματα (θέσεις) σε μη γραμμικά προϊόντα (π.χ. options) και εκθέσεις σε αντισταθμισμένες θέσεις.

Σύμφωνα με την επιτροπή της Βασιλείας, το 1993, ο κίνδυνος αγοράς διαχωρίζεται σε τέσσερις επιμέρους κατηγορίες: α) τον κίνδυνο επιτοκίου, β) τον συναλλαγματικό κίνδυνο, γ) τον κίνδυνο αγαθών / εμπορευμάτων, και δ) τον κίνδυνο μετοχών (Best, 1998; Crouhy et al., 2006). Οι κίνδυνοι αυτοί αναλύονται διεξοδικότερα πιο κάτω.

### **2.1.1 Κίνδυνος Επιτοκίου**

Μια μορφή κινδύνου που διατρέχουν κατά κύριο λόγο οι Τράπεζες και η οποία εμπίπτει στην ευρύτερη κατηγορία των κινδύνων αγοράς είναι ο κίνδυνος επιτοκίου. Τα περισσότερα στοιχεία του ισολογισμού των Τραπεζών, όπως για παράδειγμα τα δάνεια (παθητικό), αλλά και οι προθεσμιακές καταθέσεις (ενεργητικό) δημιουργούν κόστη αλλά και έσοδα τα οποία επηρεάζονται από τα επιτόκια (Bessis, 2010). Αυτός ο κίνδυνος αφορά στη μείωση που προκύπτει στην αξία των στοιχείων του ενεργητικού (π.χ. ομόλογα, δάνεια) της Τράπεζας από τις μεταβολές του επιτοκίου, αλλά και στην αύξηση του κόστους των στοιχείων παθητικού, στις περιπτώσεις φυσικά που τα επιτόκια είναι κυμαινόμενα. Οι αυξομειώσεις στο επιτόκιο επηρεάζουν το καθαρό εισόδημα που έχει η Τράπεζα από τους τόκους και κατ' επέκταση επηρεάζουν την Καθαρή Θέση και τη χρηματιστηριακή αξία των μετοχών της, δηλαδή την κερδοφορία της. Είναι σημαντικό να λεχθεί πως λόγω της διαφοράς στη ληκτότητα των στοιχείων του ενεργητικού και του παθητικού δημιουργείται αυτομάτως ο επιτοκιακός κίνδυνος. Το ενεργητικό των Τραπεζών έχει συνήθως μεγαλύτερο χρόνο ωρίμανσης από το παθητικό τους. Για παράδειγμα, ένα δάνειο μπορεί να έχει 5 χρόνια ωρίμανσης, ενώ μια προθεσμιακή κατάθεση μόνο 1 χρόνο ωρίμανσης. Για να γίνει πιο κατανοητός ο κίνδυνος επιτοκίου θα αναφέρουμε ένα υποθετικό παράδειγμα. Ας υποθέσουμε πως μια Τράπεζα χορηγεί ένα δάνειο €100.000 με περίοδο αποπληρωμής 4 χρόνια και σταθερό ονομαστικό επιτόκιο 6%. Στην εν λόγω Τράπεζα παρουσιάζονται δυο επιλογές για χρηματοδότηση του δανείου. Η πρώτη αφορά σε κατάθεση 4 χρόνων με σταθερό επιτόκιο 5% τον χρόνο, ενώ η δεύτερη σε κατάθεση 4 χρόνων με σταθερό επιτόκιο 4% για τα πρώτα 2 χρόνια και κυμαινόμενο για τα επόμενα 2 χρόνια (με την προοπτική το επιτόκιο να μειωθεί). Στην

πρώτη περίπτωση παρατηρούμε πως η Τράπεζα θα έχει σταθερά κέρδη επιτοκίου €1000 για κάθε ένα από τα 4 χρόνια. Στη δεύτερη περίπτωση η Τράπεζα θα έχει κέρδη €2000 το χρόνο για τα πρώτα 2 χρόνια, ενώ για τα επόμενα 2 χρόνια όλα θα εξαρτηθούν από το πώς θα κινηθεί το επιτόκιο. Αν για παράδειγμα το επιτόκιο παραμείνει ως έχει, τότε η Τράπεζα θα έχει κέρδη €2000 το χρόνο. Αν το επιτόκιο αυξηθεί σε 6% τότε η Τράπεζα θα έχει μηδενικά κέρδη, ενώ στην περίπτωση που παρουσιάσει μείωση, για παράδειγμα στο 3%, τότε τα κέρδη θα ανέλθουν σε €3000 τον χρόνο. Μέσα απ' αυτό το παράδειγμα απεικονίζεται η ουσία του κινδύνου επιτοκίου και το πώς μπορεί να επηρεάσει την κερδοφορία μιας Τράπεζας.

### **2.1.2 Συναλλαγματικός Κίνδυνος**

Ένας άλλος κίνδυνος που συγκαταλέγεται στις ειδικές μορφές κινδύνων αγοράς είναι και ο συναλλαγματικός. Ο κίνδυνος αυτός διαμορφώνεται ανάλογα με τις διάφορες εξελίξεις στις χρηματοοικονομικές αγορές και σχετίζεται με τις συναλλαγές που διενεργούνται ανά το παγκόσμιο, όπου οι αντισυμβαλλόμενες πλευρές έχουν διαφορετικό νόμισμα. Ο εν λόγω κίνδυνος αφορά στο ενδεχόμενο μείωσης της αξίας του κεφαλαίου (στοιχεία ενεργητικού και παθητικού σε ξένο νόμισμα) εξαιτίας των διακυμάνσεων στις συναλλαγματικές ισοτιμίες. Θεωρείται ως ένας από τους κυριότερους κινδύνους που έχουν να αντιμετωπίσουν πολυεθνικές εταιρείες, δεδομένου ότι επηρεάζει άμεσα τις επενδύσεις τους και κατ' επέκταση την οικονομική τους θέση αλλά και την ανταγωνιστικότητά τους (Bessis, 2010).

### **2.1.3 Κίνδυνος Αξίας Εμπορευμάτων**

Δεδομένου ότι τα περισσότερα εμπορεύματα / αγαθά αποτελούν αντικείμενο διαπραγμάτευσης σε χρηματαγορές όπου η συγκέντρωση της προσφοράς βρίσκεται στα χέρια λίγων προμηθευτών, αυτό συνεπάγεται με αύξηση στις μεταβολές των τιμών (Crouhy et al., 2006). Αυτές οι μεταβολές στις τιμές των εμπορευμάτων / αγαθών, οι οποίες επηρεάζουν την οικονομική απόδοση (κερδοφορία) των επιχειρήσεων, δεν μπορούν να ελεγχθούν από τις ίδιες τις επιχειρήσεις καθώς καθοδηγούνται από εξωγενείς δυνάμεις της αγοράς. Οι απότομες διακυμάνσεις στις τιμές των εμπορευμάτων μπορούν να επηρεάσουν τα κόστη παραγωγής, τις τιμές των προϊόντων, και κατ' επέκταση την κερδοφορία μιας επιχείρησης. Γι' αυτό το λόγο καθίσταται επιτακτική η ανάγκη για τις επιχειρήσεις να διαχειρίζονται αποτελεσματικά τον εν λόγω κίνδυνο (Deloitte, 2018). Άλλες βασικές αρχές που επηρεάζουν την τιμή προϊόντος

περιλαμβάνουν την ευκολία και την τιμή αποθήκευσης, η οποία διαφέρει σημαντικά ανάμεσα στις αγορές εμπορευμάτων (π.χ. χρυσού, ηλεκτρισμού κλπ.)

#### **2.1.4 Κίνδυνος Μετοχών**

Ο κίνδυνος μετοχής μπορεί να προκύψει από τη μεταβλητότητα στις τιμές των μετοχών. Πιο συγκεκριμένα, ο γενικός κίνδυνος αγοράς των μετοχών, σχετίζεται με την ευαισθησία της αξίας ενός χρηματοπιστωτικού μέσου ή ενός χαρτοφυλακίου σε μια αλλαγή σε επίπεδο χρηματιστηριακών δεικτών. Ο μη συστημικός κίνδυνος μετοχής σχετίζεται με το μέρος όπου η μεταβλητότητα της τιμής της μετοχής καθορίζεται από χαρακτηριστικά της ίδιας της επιχείρησης (π.χ. γραμμή δραστηριότητας, διαδικασία παραγωγής). Σύμφωνα με τη θεωρία χαρτοφυλακίου, ο μη συστημικός κίνδυνος (σε αντίθεση με τον συστημικό), μπορεί να μετριαστεί μέσω της διαφοροποίησης του χαρτοφυλακίου (diversification) (Crouhy et al., 2006).

Πέραν του κινδύνου αγοράς (ο οποίος ήταν ο πρώτος κίνδυνος που εκτιμήθηκε με VaR) και των επιμέρους κινδύνων του, όπως προαναφέρθηκε, υπάρχουν κι άλλοι σημαντικοί κίνδυνοι που αντιμετωπίζουν τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα και οι επιχειρήσεις.

## **2.2 Κίνδυνος Ρευστότητας**

Σε γενικές γραμμές ο όρος ρευστότητα αναφέρεται στην ευκολία με την οποία δύναται ένα περιουσιακό στοιχείο (asset) ή ένα χρεόγραφο (security) να αποτελέσει αντικείμενο αγοραπωλησίας στην αγορά και να μετατραπεί σε μετρητά. Ο κίνδυνος ρευστότητας συνδέεται με την αδυναμία μιας επιχείρησης να ανταποκρίνεται στις βραχυπρόθεσμες υποχρεώσεις της προς τρίτους. Η αδυναμία αυτή μεταφράζεται σε δυσκολία, είτε γρήγορης ρευστοποίησης στοιχείων του ενεργητικού της επιχείρησης χωρίς την ταυτόχρονη απώλεια μεγάλου μέρους της αξίας των στοιχείων του ενεργητικού της, είτε γρήγορης αύξησης στοιχείων του παθητικού της (π.χ. δανεισμός) (Αγγελόπουλος, 2010).

Σύμφωνα με τους Crouhy et al. (2006) και Jorion (2007), ο κίνδυνος ρευστότητας, κατηγοριοποιείται σε κίνδυνο ρευστότητας περιουσιακού στοιχείου (asset or market / product liquidity risk) και κίνδυνο άντλησης κεφαλαίου (funding or cash-flow liquidity risk). Ο κίνδυνος ρευστότητας περιουσιακού στοιχείου σχετίζεται με τη δυσκολία που μπορεί να προκύψει στην προσπάθεια μιας επιχείρησης / οργανισμού να πουλήσει γρήγορα περιουσιακά της στοιχεία, με σκοπό την άμεση άντληση ρευστού, χωρίς να



χρειαστεί να τα πουλήσει σε πολύ χαμηλότερη τιμή. Αυτός ο κίνδυνος προκύπτει όταν η συναλλαγή δεν μπορεί να διεκπεραιωθεί στις επικρατούσες τιμές της αγοράς λόγω του ότι τη συγκεκριμένη περίοδο δεν υπάρχει ανταπόκριση από ενδεχόμενους αγοραστές. Σημειώνεται δε ότι ο κίνδυνος αυτός διαφέρει ανάλογα με την κατηγορία του περιουσιακού στοιχείου, αλλά και ανάλογα με τη χρονική περίοδο ως συνάρτηση των επικρατουσών συνθηκών της αγοράς. Για παράδειγμα, μια επιχείρηση που έχει ανάγκη για άμεση άντληση ρευστών προσπαθεί να πουλήσει ένα ακίνητο. Λόγω των κακών συνθηκών της αγοράς μπορεί να αναγκαστεί να πουλήσει το ακίνητο σε τιμή που να είναι αρκετά πιο κάτω από την αγοραία τιμή (fire sale price). Εντούτοις, υπάρχουν περιουσιακά στοιχεία τα οποία είναι πιο εύκολα ρευστοποιήσιμα, όπως για παράδειγμα τα κρατικά ομόλογα, τα οποία μπορούν να ρευστοποιηθούν χωρίς μεγάλη απώλεια στην τιμή τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι γενικά αυτός ο κίνδυνος είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί.

Όσον αφορά στον κίνδυνο άντλησης κεφαλαίου, αυτός προκύπτει όταν μια επιχείρηση αδυνατεί να εξεύρει τα απαραίτητα χρήματα για να αποπληρώσει τους λογαριασμούς της όταν αυτοί καθίστανται πληρωτέοι, αλλά και να είναι συνεπής ως προς τις υποχρεώσεις της προς τους πιστωτές της. Σε γενικές γραμμές, δηλαδή, να μπορεί η επιχείρηση να διευθετήσει τις υποχρεώσεις της στην ώρα τους. Αυτό μπορεί να οδηγήσει την επιχείρηση σε ανεπιθύμητη ρευστοποίηση μέρους του χαρτοφυλακίου της.

Σύμφωνα με τον Jorion (2007), σε ότι αφορά στα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, ο κίνδυνος αυτός σχετίζεται με το παθητικό τους. Πιο συγκεκριμένα, λόγω του ότι τα περισσότερα έχουν υψηλή μόχλευση, αναγκάζονται να διατηρούν ως εγγύηση στοιχεία του ενεργητικού τους με αξία μεγαλύτερη απ' αυτή του δανεισμού. Παρ' όλα αυτά, τα περιουσιακά στοιχεία που χρησιμοποιούνται ως εγγύηση υπόκεινται σε ημερήσιο διακανονισμό στην αγορά (marked to market). Εάν η αξία τους μειωθεί, τότε, ο δανειστής θα ζητήσει επιπρόσθετη πληρωμή (variation margin) έτσι ώστε το συνολικό ποσό να διατηρηθεί μεγαλύτερο απ' αυτό του δανεισμού. Σ' αυτή την περίπτωση, εάν το χρηματοπιστωτικό ίδρυμα δεν διατηρεί τα χρήματα για να καλύψει αυτό το ποσό, θα αναγκαστεί να προχωρήσει σε ρευστοποίηση άλλων περιουσιακών του στοιχείων.

Ως κύριο μέτρο για αντιμετώπιση του εν λόγω κινδύνου μπορεί να αποτελέσει η διατήρηση ρευστών διαθεσίμων, ενώ ένα πιστωτικό όριο, μια συμφωνία δηλαδή για

δανεισμό μέχρι ενός προκαθορισμένου ποσού θα μπορούσε να αποτελέσει ένα επιπρόσθετο μέτρο.

Στην περίπτωση των Τραπεζών, η σημαντικότητα της ρευστότητας αναδεικνύεται μέσα από τις διάφορες καθημερινές πράξεις, όπως οι αναλήψεις καταθέσεων, οι πληρωμές λογαριασμών, η έκδοση επιταγών, τα εμβάσματα κ.ά. (Μελάς, 2008). Αξίζει να σημειωθεί πως η Κεντρική Τράπεζα διαδραματίζει κύριο ρόλο σε ότι αφορά στη ρευστότητα των Τραπεζών. Επιβάλλοντας κατώτατο όριο ρευστών διαθεσίμων (αποθεματικό) στις Τράπεζες εξασφαλίζει τόσο τον έλεγχο της ποσότητας του χρήματος που διατίθεται στην αγορά (άσκηση νομισματικής πολιτικής), όσο και την εύρυθμη λειτουργία των ίδιων των Τραπεζών. Όσο ψηλότερο είναι το αποθεματικό που έχει μια Τράπεζα, τόσο ψηλότερη είναι και η ρευστότητά της και κατ' επέκταση τόσο μεγαλύτερη η ασφάλεια και η εμπιστοσύνη που νιώθουν οι πελάτες για την Τράπεζα. Αυτό φυσικά, για την ίδια την Τράπεζα μεταφράζεται σε μεγαλύτερο κόστος, γιατί τα διαθέσιμα που είναι αναγκαστικά κατατεθειμένα στην Κεντρική Τράπεζα δεν έχουν υψηλή απόδοση, κάτι που συνεπάγεται με μειωμένα κέρδη για τις Τράπεζες. Επίσης, τις πλείστες φορές, οι υποχρεώσεις των Τραπεζών είναι πιο ρευστοποιήσιμες από το ενεργητικό τους, αφού ο καταθέτης μπορεί εύκολα να αποσύρει τα χρήματά του, ενώ η Τράπεζα δεν μπορεί με την ίδια ευκολία να ανακαλέσει ένα δάνειο που είναι σε ισχύ.

## 2.3 Πιστωτικός Κίνδυνος

Σύμφωνα με τον Bessis (2010), ο εν λόγω κίνδυνος αναφέρεται στις οικονομικές ζημιές που μπορεί να προκύψουν λόγω της επιδείνωσης της πιστοληπτικής ικανότητας του δανειζόμενου ή του αντισυμβαλλομένου (όταν πρόκειται για συναλλαγές στη χρηματαγορά). Πιο συγκεκριμένα, σχετίζεται με ενδεχόμενη οικονομική απώλεια, ως αποτέλεσμα είτε της απροθυμίας είτε της ανικανότητας του δανειζόμενου να τηρήσει τους όρους του συμβολαίου του και να επιστρέψει τα κεφάλαια (μαζί με τους τόκους εάν υφίστανται) που έχει δανειστεί (Jorion, 2007). Όσον αφορά στις Τράπεζες, μία συχνή περίπτωση που μπορεί να παρουσιαστεί ο πιστωτικός κίνδυνος είναι όταν κάποιες τοποθετήσεις κεφαλαίων, όπως για παράδειγμα η αγορά ομολόγων ή οι συναλλαγές σε άλλα χρηματοοικονομικά προϊόντα (π.χ. παράγωγα) (Best, 1998), αντί να αποδώσουν τα προσδοκώμενα κέρδη, επιφέρουν ζημιές, που ενίοτε μπορεί να είναι και καταστροφικές. Συνήθως, το ενεργητικό των Τραπεζών εμπεριέχει μεγαλύτερο πιστωτικό κίνδυνο απ' ότι οι υποχρεώσεις (παθητικό) τους. Αυτό συμβαίνει γιατί η απαίτηση της Τράπεζας από τον

δανειζόμενο παρουσιάζει μεγαλύτερο ρίσκο απ' ό τι η απαίτηση του καταθέτη από την Τράπεζα (Greenbaum & Thakor, 2007).

Παρά το γεγονός ότι ο πιστωτικός κίνδυνος αποτελεί έναν εκ των παλαιότερων και πιο σημαντικών κινδύνων που αντιμετωπίζουν οι Τράπεζες και οι οργανισμοί, εντούτοις η μέτρηση και η ποσοτικοποίησή του παραμένει αρκετά δύσκολη (Bessis, 2010). Η έλλειψη διαφοροποίησης του πιστωτικού κινδύνου αποτέλεσε έναν εκ των κύριων λόγων που ορισμένες Τράπεζες οδηγήθηκαν στην πτώχευση. Ο κίνδυνος αυτός, κατηγοριοποιείται σε ορισμένους επιμέρους κινδύνους, όπως ο κίνδυνος ανάκτησης, τα πιστωτικά ανοίγματα και ο κίνδυνος πτώχευσης ή υποβάθμισης, ο οποίος δεν εμφανίζεται τόσο συχνά, καθιστώντας έτσι δύσκολη την εκτίμησή του (Jorion, 2007). Για την εκτίμηση του κινδύνου πτώχευσης ή υποβάθμισης, υπάρχουν φυσικά οι οίκοι αξιολόγησης (π.χ. Moody's, Standard & Poor's και Fitch), οι οποίοι μέσα από τις αξιολογήσεις της πιστοληπτικής ικανότητας, τόσο των μεγάλων επιχειρήσεων όσο και των κρατών, παρέχουν στους επενδυτές μια εικόνα σχετικά με τον πιστωτικό κίνδυνο που διατρέχουν.

Στον τραπεζικό τομέα, η εκτίμηση του πιστωτικού κινδύνου, ως ένας εκ των κινδύνων που μπορεί να ενέχει ένα χαρτοφυλάκιο, άνθισε με την επανάσταση στη διαχείριση κινδύνων μέσω της VaR. Μέσα στο πλαίσιο της συνολικής εκτίμησης των κινδύνων ενός χαρτοφυλακίου που μπορεί να παρέχει η VaR, αρκετά από τα εργαλεία που έχουν αναπτυχθεί για την εκτίμηση του κινδύνου αγοράς μπορούν να εφαρμοστούν και για την εκτίμηση του πιστωτικού κινδύνου. Για την εκτίμηση του τελευταίου μέσω της VaR, χρειάζεται αρχικά να κατασκευαστεί η κατανομή της ζημιάς του χαρτοφυλακίου, έπειτα να υπολογιστεί το οικονομικό κεφάλαιο και τέλος να χρησιμοποιηθούν εργαλεία της VaR (π.χ. marginal VaR) για να εντοπιστούν οι τοποθετήσεις που ενέχουν περισσότερο κίνδυνο για το χαρτοφυλάκιο.

Τέλος, ο πιστωτικός κίνδυνος μπορεί να ελεγχθεί (περιοριστεί) θέτοντας πιστωτικά όρια στις τοποθετήσεις (ανοίγματα), όπως επίσης και με την εξασφάλιση των απαραίτητων εγγυήσεων (collaterals) (Jorion, 2007).

## **2.4 Λειτουργικός Κίνδυνος**

Σύμφωνα με την επιτροπή της Βασιλείας για την εποπτεία των Τραπεζών (BIS, 2004), ως λειτουργικός ή διαχειριστικός κίνδυνος μπορεί να οριστεί: «Ο κίνδυνος απώλειας ο

οποίος προκύπτει είτε ως αποτέλεσμα της ανεπάρκειας ή της αποτυχίας των εσωτερικών διαδικασιών, των ανθρώπων και των συστημάτων, είτε από εξωγενείς παράγοντες».

Ο συγκεκριμένος κίνδυνος πηγάζει από μη αποτελεσματικές λειτουργίες μιας Τράπεζας/οργανισμού και προκύπτει από διάφορους παράγοντες που δεν έχουν κατ' ανάγκη χρηματοοικονομική υφή (CIMA, 2008). Οι παράγοντες αυτοί διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες και αφορούν: α) στην ανεπάρκεια ή στις ενδεχόμενες βλάβες που μπορεί να προκύψουν στα πληροφοριακά συστήματα ή τα μηχανήματα του πιστωτικού ιδρύματος/οργανισμού (η ραγδαία ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών στον ευρύτερο κλάδο της οικονομίας κατέστησε τον λειτουργικό κίνδυνο ως ιδιαίτερα σημαντικό, γι' αυτό άλλωστε όλο και περισσότεροι ασχολούνται με την εκτίμηση και τους τρόπους αντιμετώπισής του), β) στις φυσικές καταστροφές (π.χ. σεισμός, πυρκαγιά), και γ) στον ανθρώπινο παράγοντα που μέσα από απάτες, σφάλματα και ενίοτε αδυναμία στην προληπτική λήψη των ενδεικνυόμενων μέτρων μπορεί να οδηγήσει μια Τράπεζα ακόμη και σε πτώχευση αφού πλήττεται η φήμη της (π.χ. κατάρρευση Lehman Brothers 2008). Ένα παράδειγμα ανθρώπινης απάτης συνέβη πριν κάποια χρόνια στη Γαλλία και συγκεκριμένα αφορούσε στην Τράπεζα Societe Generale (Previtali, 2009). Η εν λόγω Τράπεζα, τον Ιανουάριο του 2008 ανακοίνωσε ζημιά ύψους €4.9 δις μετά από μια σωρεία παράνομων συναλλαγών που πραγματοποιούνταν από έναν υπάλληλό τους. Ο συγκεκριμένος υπάλληλος, βάσει ισχυρισμών, υπερέβη τις εξουσίες που του παρείχε η Τράπεζα και για μια σειρά από χρόνια, εκμεταλλευόμενος τις αδυναμίες του συστήματος και τον ελλιπή έλεγχο, τοποθέτησε τεράστια ποσά της Τράπεζας στην αγορά παραγώγων, προκαλώντας έτσι τεράστια ζημιά σ' αυτήν. Ακόμη ένα παράδειγμα Τράπεζας που ήταν «θύμα» του λειτουργικού αλλά και του κινδύνου αγοράς είναι αυτό της Barings PLC. Αυτή, κήρυξε πτώχευση μετά από απώλεια ύψους \$1,3 δις, την οποία προκάλεσε υπάλληλός της στην αγορά παραγώγων (Jorion, 2007).

Ο λειτουργικός κίνδυνος είναι αρκετά δύσκολο να εκτιμηθεί, δεδομένου ότι μπορεί να προκύψει ζημιά με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους που ενίοτε δεν είναι ορατοί (ελλοχεύει κρυφούς κινδύνους). Διαφέρει τόσο από τον πιστωτικό, όσο και από τον κίνδυνο αγοράς, καθώς δεν υπάρχει η οποιαδήποτε εξωγενής πηγή δεδομένων, όπως για παράδειγμα οι πτωχεύσεις και οι αλλαγές στις τιμές των χρηματοοικονομικών προϊόντων. Μπορεί να ελεγχθεί και να περιοριστεί μέσω του εσωτερικού ελέγχου, της ασφάλισης (σε ότι αφορά σε εξοπλισμό και εγκαταστάσεις), αλλά και μέσω της καλής

διαχείρισης επιχειρησιακής συνέχειας.

Ο λόγος για τον οποίο η πιο πάνω εκτενής αναφορά έγινε μόνο στους συγκεκριμένους κινδύνους, είναι γιατί σ' αυτούς τους κινδύνους έχει εφαρμοστεί η μέθοδος VaR.

# Κεφάλαιο 3

## Διαχείριση Κινδύνων: Ιστορικά Γεγονότα- Αναζήτηση Λύσεων

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια σύντομη αναφορά σε σημαντικά ιστορικά γεγονότα που ώθησαν τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα να αναπτύξουν διάφορα συστήματα υπολογισμού των οικονομικών κινδύνων. Παράλληλα, περιγράφεται η ανάπτυξη των αγορών παραγώγων ως ένας διαδεδομένος τρόπος διαχείρισης των κινδύνων.

### 3.1 Ιστορική Αναδρομή – Προσπάθεια Επίλυσης

#### Προβλήματος

Η μεγάλη ανάπτυξη στη βιομηχανία διαχείρισης κινδύνων εντοπίζεται στις αρχές της δεκαετίας του 70 (Jorion, 2007). Τότε, είχε παρατηρηθεί μεγάλη οικονομική αστάθεια και αυξημένη χρηματοπιστωτική μεταβλητότητα λόγω σημαντικών οικονομικών εξελίξεων. Συγκεκριμένα, το 1971 κατέρρευσε το σύστημα σταθερών συναλλαγματικών ισοτιμιών Bretton Woods ως απότοκο της εμφάνισης ελλειμμάτων στο ισοζύγιο πληρωμών των ΗΠΑ και της αποδυνάμωσης της αξίας του αμερικάνικου δολαρίου. Έπειτα, ακολούθησε η ενεργειακή κρίση, από το 1973 μέχρι το 1979, που είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση υψηλών επιπέδων πληθωρισμού και έντονων διακυμάνσεων στα επιτόκια, πράγμα που έφερε πολλές Τράπεζες σε εξαιρετικά δύσκολη θέση λόγω της χορήγησης δανείων. Ακολούθως, τον Οκτώβριο του 1987, στο μεγάλο χρηματιστηριακό κραχ που σημειώθηκε στις ΗΠΑ, ο χρηματιστηριακός δείκτης “Dow Jones” έπεσε κατά 23%. Ιστορικά, αυτή ήταν η μεγαλύτερη πτώση που έχει παρατηρηθεί σε μια μέρα. Τότε, οι κυριότερες χρηματαγορές στον κόσμο πέρασαν μια περίοδο ισχυρής ύφεσης, ενώ οι παγκόσμιες απώλειες (ζημιές) εκτιμήθηκαν στο 1 τρισεκατομμύριο δολάρια (Jorion, 2007). Αυτά, όπως και άλλα γεγονότα που παρατηρήθηκαν ανά το παγκόσμιο, αποτέλεσαν την αιτία για τη λήψη μέτρων που θα

απέτρεπαν την επανεμφάνισή τους. Στην προσπάθειά τους τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα να θωρακιστούν από τέτοιου είδους οικονομικές κρίσεις, οι οποίες ταρακούνησαν συθέμελα ολόκληρο το χρηματοπιστωτικό σύστημα, ανέπτυξαν διάφορα συστήματα υπολογισμού των οικονομικών κινδύνων.

Η περίοδος που ακολούθησε μετά απ' αυτά τα γεγονότα, δηλαδή μετά το 1970, ήταν μια περίοδος που παρατηρήθηκε μεγάλη μεταβλητότητα (διακυμάνσεις) τόσο στα επιτόκια, όσο και στις συναλλαγματικές ισοτιμίες (Jorion, 2007). Έτσι, αναζητήθηκαν τρόποι με τους οποίους να μπορούσε να είναι εφικτή η αντιστάθμιση αυτών των κινδύνων.

Στους Πίνακες 2 και 3 παρουσιάζονται, αντίστοιχα, με χρονολογική σειρά: α) σημαντικά ιστορικά γεγονότα στον τομέα της διαχείρισης κινδύνων, και β) σημαντικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στον εν λόγω τομέα.

## **3.2 Παράγωγα (Derivatives)**

Η αδήριτη ανάγκη για αντιστάθμιση των προαναφερθέντων κινδύνων, σε συνδυασμό με την κατάρρευση αρκετών Τραπεζών, οδήγησε στην αναζήτηση τρόπων διαχείρισης των κινδύνων, με την ανάπτυξη των αγορών παραγώγων να αποτελεί έναν από τους πιο διαδεδομένους.

Ένα συμβόλαιο παραγώγου αποτελεί μια προσωπική συμφωνία μεταξύ δύο μερών και γενικά μπορεί να οριστεί ως ένα προσωπικό συμβόλαιο του οποίου η αξία εξαρτάται είτε από την αξία ενός υποκείμενου περιουσιακού στοιχείου, είτε ενός επιτοκίου αναφοράς, είτε ακόμη και ενός δείκτη (π.χ. μετοχής, ομολόγου, ξένου συναλλάγματος, εμπορεύματος) (Jorion, 2007).

Τα μοντέρνα χρηματοπιστωτικά παράγωγα, όπως είναι τα προθεσμιακά συμβόλαια (forwards), τα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης (futures), οι συμφωνίες ανταλλαγής (swaps) και τα συμβόλαια δικαιωμάτων προαίρεσης (options), διευκολύνουν τη διαχείριση της μεταβλητότητας που παρατηρείται στις συναλλαγματικές ισοτιμίες και στα επιτόκια. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αντισταθμίσουν τους κινδύνους σε χρηματοπιστωτικά μέσα και θέσεις χαρτοφυλακίων, καθώς οι ταμειακές ροές και οι αξίες τους αλλάζουν με τις αλλαγές στις τιμές των ξένων νομισμάτων και στα επιτόκια.

Χρονολογία	Ιστορικό Γεγονός
1730	Πρώτα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης (futures) στην τιμή του ρυζιού στην Ιαπωνία
1864	Πρώτα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης (futures) σε γεωργικά προϊόντα στο Συμβούλιο Εμπορίου του Σικάγο
1900	Διατριβή του Louis Bachelier με τίτλο «Θεωρία Κερδοσκοπίας» (“Theorie de la Speculation”): Brownian motion
1932	Πρώτη έκδοση της “Journal of Risk and Insurance”
1946	Πρώτη έκδοση της “Journal of Finance”
1952	Δημοσίευση του άρθρου του Harry Markowitz με τίτλο «Επιλογή Χαρτοφυλακίου» (“Portfolio Selection”)
1961-1966	Οι Treynor, Sharpe, Lintner και Mossin αναπτύσσουν το “CAPM” (Capital Asset Pricing Model)
1963	Ο Kenneth Arrow παρουσιάζει τους όρους «βέλτιστη ασφάλιση», «ηθικός κίνδυνος» και «ανεπιθύμητη επιλογή»
1972	Συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης σε νομίσματα στο Chicago Mercantile Exchange
1973	Υποδείγματα αποτίμησης δικαιωμάτων προαίρεσης (τύπος Black-Scholes-Merton)
1974	Μοντέλο κινδύνου αθέτησης (χρεοκοπίας) του Merton
1977	Μοντέλα επιτοκίου από τους Vasicek & Cox, Ingersoll & Ross (1985)
1980-1990	Πρώτα εξωχρηματιστηριακά (OTC) συμβόλαια με τη μορφή συμβάσεων ανταλλαγής νομισμάτων και επιτοκίων
1979-1982	Εμφάνιση των εξωτικών συμβολαίων δικαιωμάτων προαίρεσης, των συμβάσεων ανταλλαγής και των παραγώγων μετοχών
1985	Δημιουργία του Swap Dealers Association που καθόρισε τα εξωχρηματιστηριακά (OTC) πρότυπα ανταλλαγών
1987	Πρώτο τμήμα διαχείρισης κινδύνων σε Τράπεζα (Merrill Lynch)
1988	Βασιλεία I
Τέλη 1980	«Αξία σε Κίνδυνο» (VaR) και υπολογισμός του βέλτιστου κεφαλαίου
1992	Άρθρο των Heath, Jarrow και Morton (καμπύλη προθεσμιακού επιτοκίου)
1992	Ολοκληρωμένη Διαχείριση Κινδύνου
1992	RiskMetrics (J.P. Morgan)
1994-1995	Πρώτες πτωχεύσεις που σχετίζονται με την κακή χρήση (κερδοσκοπία) των παράγωγων εργαλείων [Procter & Gamble (1994), Orange County (1994), Barings (1995)]
1997	CreditMetrics
1997-1998	Ασιατική και Ρωσική κρίση – Κατάρρευση του επενδυτικού αμοιβαίου κεφαλαίου LTCM (Long Term Capital Management)
2001	Χρεοκοπία της εταιρείας Enron
2002	Νέοι κανόνες εταιρικής διακυβέρνησης: “Νόμος Sarbanes-Oxley”
2004	Βασιλεία II
2007	Αρχή της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης
2009	Φερεγγυότητα II
2010	Βασιλεία III

**Πίνακας 2.** Τα πιο σημαντικά ιστορικά γεγονότα στον τομέα της διαχείρισης κινδύνων (Μετάφραση από Dionne, 2013).



Χρονολογία	Εργαλείο
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 3.** Σημαντικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στον τομέα της διαχείρισης κινδύνων (Πηγή: Jorion, 2007).

Στα θετικά των παραγώγων είναι και το γεγονός ότι είναι εύκολα και γρήγορα διαπραγματεύσιμα και χαρακτηρίζονται από χαμηλά κόστη συναλλαγής.

Δυστυχώς, ενώ αρχικά τα παράγωγα είχαν σχεδιαστεί ως εργαλεία που θα πρόσφεραν ασφάλεια σε άτομα και επιχειρήσεις από τις διακυμάνσεις των χρηματοπιστωτικών κινδύνων στις αγορές, στην πορεία χρησιμοποιήθηκαν ως αντικείμενο κερδοσκοπίας, συμβάλλοντας έτσι στη δημιουργία επιπρόσθετων, δύσκολα διαχειρίσιμων κινδύνων (Linsmeier & Pearson, 1996).

Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις όπου μεγάλοι χρηματοπιστωτικοί οργανισμοί, και όχι μόνο, στην προσπάθεια που κατέβαλαν στελέχη (υπάλληλοι) τους για πολλαπλασιασμό κερδών, επένδυσαν υπέρογκα ποσά σε παράγωγα, οδηγώντας τους σε τεράστιες απώλειες, που σε ορισμένες περιπτώσεις οδήγησαν ακόμη και στη χρεοκοπία.

Ενδεικτικά, πιο κάτω παρατίθενται, με χρονολογική σειρά, οι σοβαρότερες περιπτώσεις οικονομικών καταστροφών που προέκυψαν από το εμπόριο παραγώγων (Culp et al.,

1998; Jorion, 2007):

1. Το 1993 η εταιρεία Procter & Gamble (“P&G”) υπέστη ζημιά πέραν των \$150 εκατομμυρίων μετά από επενδύσεις σε σύνθετα παράγωγα υψηλού ρίσκου μέσω της επενδυτικής Τράπεζας Bankers Trust.
2. Περί τα τέλη του 1993 η εταιρεία Metallgesellschaft AG έφθασε στα όρια της χρεοκοπίας μετά από αναφορά για απώλεια \$1.3 δισεκατομμυρίου από τη θυγατρική της MG Refining & Marketing, Inc. (“MGRM”) σε συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης (futures).
3. Τον Δεκέμβριο του 1994 ο επενδυτικός όμιλος Orange County Investment Pool (“OCIP”) οδηγήθηκε σε χρεοκοπία μετά την αναφορά για πτώση \$1.5 δισεκατομμυρίου στην αγοραία αξία του μετά από επένδυση υπαλλήλου της σε παράγωγα.
4. Τον Φεβρουάριο του 1995 η Τράπεζα Barings PLC οδηγήθηκε σε χρεοκοπία έπειτα από απώλεια πέραν του \$1 δισεκατομμυρίου από επένδυση που είχε πραγματοποιήσει υπάλληλός της σε παράγωγα.
5. Τον Σεπτέμβριο του 1995 η Τράπεζα Daiwa ανακοίνωσε συσσωρευμένες ζημιές \$1.1 δισεκατομμυρίου που προέκυψαν από επενδύσεις υπαλλήλου της σε παράγωγα.

Παρατηρώντας κανείς προσεκτικά τα πιο πάνω παραδείγματα, αντιλαμβάνεται ότι η χρήση παραγώγων για κερδοσκοπικούς λόγους κρύβει μεγάλους κινδύνους.

Η ραγδαία αύξηση στη χρήση παραγώγων συνοδεύτηκε από την αύξηση στο εμπόριο χρεογράφων, ενώ συνέπεσε και με την ανάπτυξη στο διεθνές εμπόριο. Απότοκο αυτών των εξελίξεων ήταν πολλές επιχειρήσεις ανά το παγκόσμιο να έχουν στα χαρτοφυλάκιά τους μεγάλο αριθμό παραγώγων εργαλείων. Μάλιστα, σε ορισμένα απ’ αυτά, λόγω της πολυπλοκότητάς τους (π.χ. cross-currency swaps, exotic options κ.ά.) δεν ήταν ορατό το μέγεθος του κινδύνου που εμπεριείχαν για τα χαρτοφυλάκια των εταιρειών.

Η ευελιξία των συγκεκριμένων εργαλείων, καθώς και η ευκολία με την οποία μπορούσαν να αποτελέσουν αντικείμενο συναλλαγής δημιούργησε την ανάγκη για ένα μέτρο που θα μπορούσε να ποσοτικοποιεί και να συνοψίζει τον κίνδυνο αγοράς σε επίπεδο χαρτοφυλακίου. Ένα μέτρο, δηλαδή, που να μπορούσε να αναφερθεί στους διευθυντές των

εταιρειών που ήταν υπεύθυνοι για την εποπτεία της διαχείρισης κινδύνου και των εμπορικών δραστηριοτήτων. Ένα τέτοιο μέτρο που αναφέρθηκε αρχικά για την εκτίμηση του κινδύνου αγοράς είναι και η «Αξία σε Κίνδυνο» (Value at Risk) (Linsmeier & Pearson, 1996).

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται με χρονολογική σειρά, οι κύριες χρονολογίες εμφάνισης παραγώγων και δομημένων χρηματοοικονομικών προϊόντων.

Χρονολογία	Εργαλείο
1970s	Currency swaps
1972	Foreign currency futures
1973	Equity options
1979	Over-the-counter currency options
1981	Cross-currency interest rate swaps
1983	Equity index options
1983	Interest rate caps / floors
1983	Swaptions
1985	Asset back securities (ABS)
1987	Path-dependent options (Asian, lookback, etc.)
1987	Collateralized debt obligations (CDO)
1992	CAT and futures insurance options
1993	Captions / floortions
1994	Credit default swaps (CDS)
1994	CAT bonds
1997	Weather derivatives
2002	Collateralized fund obligations (CFO)

**Πίνακας 4.** Κύριες χρονολογίες εμφάνισης παραγώγων και δομημένων χρηματοοικονομικών προϊόντων (Πηγή: Dionne, 2013).

# Κεφάλαιο 4

## «Αξία σε Κίνδυνο» (Value at Risk-VaR)

### 4.1 Πώς Προέκυψε

Στις αρχές του δεύτερου μισού του 20<sup>ου</sup> αιώνα, ο οικονομολόγος Harry Markowitz στη δημοσίευσή του με τίτλο “Portfolio Selection” (1952), υπογράμμισε για πρώτη φορά τη σημασία της αντιστάθμισης μεταξύ αναμενόμενης απόδοσης και κινδύνου στο πλαίσιο μέσου-διακύμανσης (Jorion, 2007). Με αυτή του τη θεωρία, ο Markowitz έθετε τα θεμέλια της μεθοδολογίας, στην οποία ουσιαστικά στηρίχθηκε η μέθοδος VaR. Αργότερα, το 1973, αναπτύχθηκε το μαθηματικό μοντέλο Black-Scholes, το οποίο συνέβαλε καθοριστικά στη διάδοση πιθανολογικών και στατιστικών εργαλείων που επέτρεπαν την ποσοτικοποίηση και μέτρηση της μεταβλητότητας στις τιμές των ξένων νομισμάτων και στα επιτόκια, σε χρηματοπιστωτικούς οργανισμούς και επενδυτικές εταιρείες (Linsmeir & Pearson, 1996). Οι ιδέες πίσω από τα υποδείγματα αποτίμησης δικαιωμάτων προαίρεσης αποτελούν τα θεμέλια για τη μέτρηση και διαχείριση της μεταβλητότητας στις τιμές και στα επιτόκια της αγοράς. Γι’ αυτό, μπορεί να λεχθεί ότι τα μοντέλα αυτά αποτέλεσαν τον προπομπό της VaR και άλλων συστημάτων διαχείρισης κινδύνων.

Η πρώτη συστηματική προσπάθεια για ανάπτυξη του εκτιμητή “Value-at-Risk” (VaR) πραγματοποιείται περί τα τέλη της δεκαετίας του 80’, όταν ο Till Guldimann, υπεύθυνος για την ανάλυση του ισολογισμού της εταιρείας J.P. Morgan, ανέλαβε ως επικεφαλής μιας ομάδας με στόχο την ανάπτυξη, εφαρμογή και προώθηση του εκτιμητή “Value-at-Risk” (VaR) (ως μέτρο εκτίμησης του κινδύνου αγοράς) εντός της εταιρείας. Ως υπεύθυνος της επιτροπής κινδύνου αγοράς της εταιρείας κατάφερε να προωθήσει το εν λόγω μέτρο εσωτερικά. Έπειτα, ο ρόλος του ήταν να προωθήσει τον εκτιμητή VaR εκτός της εταιρείας, σε παγκόσμιο επίπεδο (Holton, 2014). Κάτι τέτοιο έγινε στη σύσκεψη του Group of Thirty G30, όπου παρευρέθηκε αντιπρόσωπος της εταιρείας J.P. Morgan για συζήτηση με θέμα τις

καλύτερες πρακτικές διαχείρισης κινδύνου. Στην έκθεση που δημοσιεύτηκε τον Ιούλιο του 1993, μετά την ολοκλήρωση της σύσκεψης των G30, με τίτλο «Derivatives: Practices and Principles», γίνεται για πρώτη φορά αναφορά στον όρο “Value at Risk”. Συγκεκριμένα, ο εκτιμητής “Value-at-Risk” (VaR) αναφέρεται ως ένα αξιόλογο μέτρο το οποίο προτείνεται σε χρηματοπιστωτικά ιδρύματα και επιχειρήσεις για την εκτίμηση των χρηματοοικονομικών κινδύνων.

Έπειτα, τον Οκτώβριο του 1994, η J.P. Morgan σε μια προσπάθεια να παρέχει στους πελάτες της, αλλά και στο ευρύ κοινό, τα μέσα για να εφαρμόσουν τα δικά τους συστήματα εκτίμησης, διαχείρισης και ελέγχου του κινδύνου αγοράς, δημοσίευσε μια υπηρεσία που είχε αναπτύξει με όνομα RiskMetrics. Αυτή η υπηρεσία περιλάμβανε ουσιαστικά ένα σύνολο τεχνικών και δεδομένων για μέτρηση των κινδύνων αγοράς σε χαρτοφυλάκια ομολόγων, μετοχών, ξένου συναλλάγματος, εμπορευμάτων και των παραγώγων όλων αυτών. Πιο συγκεκριμένα, η υπηρεσία RiskMetrics αποτελεί ένα σύνολο εργαλείων που επιτρέπει στους συμμετέχοντες στις χρηματαγορές να εκτιμήσουν την έκθεσή τους στον κίνδυνο αγοράς μέσω της «Αξίας σε Κίνδυνο» (VaR) (RiskMetrics J.P. Morgan, 1996). Ουσιαστικά, η J.P. Morgan μέσω της δημοσιοποίησης της συγκεκριμένης υπηρεσίας, σκόπευε αφενός να συνδράμει στην προσπάθεια για καλύτερη διαχείριση του κινδύνου αγοράς μέσω διαφάνειας στις συναλλαγές και αφετέρου να καθιερώσει ένα πρότυπο αναφοράς ως ένα μέτρο σύγκρισης των κινδύνων.

Η VaR, ως ένα αρκετά υποσχόμενο εργαλείο διαχείρισης του κινδύνου αγοράς, πολύ σύντομα βρήκε μεγάλη απήχηση (υιοθετήθηκε) από επενδυτικές εταιρείες, ρυθμιστικές αρχές και χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, τα οποία προσβλέποντας στη θωράκισή τους από τους κινδύνους προχώρησαν στην ανάπτυξη δικών τους εσωτερικών μοντέλων.

Αξίζει να αναφερθεί πως η επιτροπή της Βασιλείας για την εποπτεία των Τραπεζών (Bank for International Settlements, 1996) αποδέχτηκε την VaR ως μια κατάλληλη μέθοδο εκτίμησης συγκεκριμένων χρηματοοικονομικών κινδύνων και παρότρυνε τις Τράπεζες να εφαρμόσουν δικά τους μοντέλα VaR (Jorion, 2007).

## 4.2 Έννοια - Ορισμός

Αρχικά, η J.P. Morgan αποτύπωσε την έννοια της VaR στο τεχνικό έγγραφο “RiskMetrics” (1996) ως ακολούθως: «Η VaR είναι ένας αριθμός που αντιπροσωπεύει την πιθανή αλλαγή στη μελλοντική αξία ενός χαρτοφυλακίου. Το πώς καθορίζεται η αλλαγή αυτή εξαρτάται: 1) από τον χρονικό ορίζοντα στον οποίο μετρείται η αλλαγή στην αξία του χαρτοφυλακίου και 2) από το «επίπεδο εμπιστοσύνης» που επιλέγεται από τον διαχειριστή κινδύνου» (σ. 7). Παρατηρώντας όμως κανείς τη σχετική βιβλιογραφία που ακολούθησε, διαπιστώνει διάφορες μικρές παραλλαγές στον ορισμό της “Value-at-Risk” (VaR). Εντούτοις, ακαδημαϊκοί και ερευνητές φαίνεται να συγκλίνουν ότι μέσω της προσέγγισης της VaR γίνεται εκτίμηση (ποσοτικά) της μέγιστης δυνατής οικονομικής ζημιάς (απώλειας) που μπορεί να προκύψει σε ένα χαρτοφυλάκιο, μέσα σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο (time period) και για καθορισμένο επίπεδο εμπιστοσύνης (confidence level) (Choudhry, 2013). Είναι σημαντικό να τονιστεί πως η εκτίμηση μέσω VaR προϋποθέτει ότι οι συνθήκες της αγοράς είναι κανονικές. Σύμφωνα με τους Jorion (2007) και Hull (2015), αυτό που κάνει τη VaR να ξεχωρίζει από άλλες μεθόδους, είναι η ικανότητά της να συνοψίζει τον συνολικό κίνδυνο ενός χαρτοφυλακίου χρηματοοικονομικών προϊόντων σε έναν αριθμό (ποσό).

Ο ορισμός της VaR μπορεί να γίνει πιο κατανοητός μέσα από το ακόλουθο απλουστευμένο παράδειγμα. Αν υποθέσουμε πως ένα χαρτοφυλάκιο έχει 5% πιθανότητα, για περίοδο 30 ημερών, «Αξία σε Κίνδυνο» €1 εκ. Αυτό σημαίνει πως με 95% πιθανότητα, η μέγιστη ζημιά που μπορεί να παρουσιαστεί στο εν λόγω χαρτοφυλάκιο στις επόμενες 30 ημέρες δεν θα ξεπερνά το €1 εκ. Υπάρχει φυσικά ένα ποσοστό 5%, βάσει του οποίου μπορεί να προκύψει ζημιά στο χαρτοφυλάκιο πέραν του €1 εκ. σε οποιαδήποτε απ’ αυτές τις 30 ημέρες.

## 4.3 Χρήση VaR – Εφαρμογές

Σύμφωνα με τους Crouhy et al. (2006), η μέθοδος της «Αξίας σε Κίνδυνο» μπορεί να φανεί χρήσιμη σε αρκετές περιπτώσεις. Για παράδειγμα, η εν λόγω μέθοδος επιτρέπει στους διευθυντές των εταιρειών να μετρούν το ρίσκο θέσεων σταθερού εισοδήματος με τρόπο συγκρίσιμο και συνεπή με την εκτίμηση κινδύνου μετοχικών παραγώγων. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανταμοιβή των υπαλλήλων (performance evaluation) στη βάση της προσαρμοσμένης στον κίνδυνο απόδοσης κεφαλαίου που παράγεται από τις εργασίες τους. Ακόμη, δίνει τη δυνατότητα στους διευθυντές επιχειρήσεων να θέσουν

ανώτατα όρια κινδύνου (limits) που μπορεί να λάβει η επιχείρηση. Μέσω της VaR οι διαχειριστές κινδύνου είναι σε θέση να γνωρίζουν ποιες θέσεις της επιχείρησης εκτίθενται στον μεγαλύτερο κίνδυνο, ενώ ταυτόχρονα να προσδιορίσουν τον / τους κινδύνους αυτούς. Επίσης, παρέχει στα ανώτερα διευθυντικά στελέχη, στο διοικητικό συμβούλιο αλλά και στις ρυθμιστικές αρχές ένα εύκολα κατανοητό μέτρο κινδύνου, το οποίο παρέχει ένα πλαίσιο για εκτίμηση των επενδύσεων στη βάση της αναμενόμενης προσαρμοσμένης στον κίνδυνο απόδοσης κεφαλαίου. Επιπρόσθετα, η μέθοδος της «Αξίας σε Κίνδυνο» χρησιμοποιείται ευρέως από οίκους αξιολόγησης (rating agencies) για τον καθορισμό των αξιολογήσεων τους για τις Τράπεζες, ενώ μπορεί επίσης να φανεί χρήσιμος εκτιμητής σε μη χρηματοοικονομικούς οργανισμούς (π.χ. συνταξιοδοτικά προγράμματα) σε περιπτώσεις όπου η εποπτεία για την έκθεση στον κίνδυνο διευκολύνεται μέσω της VaR (Culp et al., 1998).

## **4.4 Παράμετροι**

Για να μπορεί κανείς να προχωρήσει σε εκτίμηση της VaR, χρειάζεται πρώτα να καθορίσει τρεις βασικές παραμέτρους: α) τον χρονικό ορίζοντα, β) το επίπεδο εμπιστοσύνης, και γ) την ιστορική περίοδο δεδομένων.

### **4.4.1 Χρονικός Ορίζοντας**

Αφορά στη χρονική περίοδο που επιθυμεί κανείς να εκτιμήσει την πιθανή απώλεια. Είναι ένας υποκειμενικός παράγοντας, προσδιορίζεται δηλαδή από τον χρήστη, ανάλογα πάντα και με τον σκοπό που διενεργεί την εκτίμηση. Για παράδειγμα, οι επενδυτές και τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, λόγω του ότι έχουν υψηλό κύκλο εργασιών και επενδύουν σε χρηματοοικονομικά προϊόντα που μπορούν γρήγορα να ρευστοποιηθούν, συνήθως ενδιαφέρονται για πιθανή οικονομική απώλεια που μπορεί να έχουν σε βραχυπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα (π.χ. σε μία μέρα). Για τις Τράπεζες συγκεκριμένα, βάσει και της κατεύθυνσης που δίνεται από την Επιτροπή της Βασιλείας, η χρονική αυτή περίοδος κυμαίνεται μεταξύ μίας με δέκα ημερών. Αντιθέτως, οι ρυθμιστικές αρχές και οι συμμετέχοντες σε αγορές μη ρευστοποιήσιμων στοιχείων, ενδεχομένως να ενδιαφέρονται για εκτίμηση του κινδύνου αγοράς σε ένα ευρύτερο χρονικό ορίζοντα. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως η τιμή της VaR αυξάνεται όταν αυξάνεται η χρονική περίοδος. Αυτό συμβαίνει γιατί η μεταβλητότητα αυξάνεται περίπου ισορροπημένα (κατ' αναλογία) με

την τετραγωνική ρίζα της περιόδου αυτής (ημερών). Για παράδειγμα, η μέτρηση της VaR για χρονική περίοδο 10 ημερών, θα είναι  $\sqrt{10}$  φορές μεγαλύτερη από την αντίστοιχη χρονική περίοδο 1 ημέρας. Συνεπώς, ο χρονικός ορίζοντας αποτελεί μια σημαντική παράμετρο για τον υπολογισμό της VaR (Best, 1998)

#### **4.4.2. Επίπεδο (Διάστημα) Εμπιστοσύνης**

Σχετίζεται με τον βαθμό βεβαιότητας που επιθυμεί να έχει αυτός που διενεργεί την εκτίμηση. Όπως και στην περίπτωση με τον χρονικό ορίζοντα, έτσι κι εδώ, είναι ένας υποκειμενικός παράγοντας. Συνήθως, τα επίπεδα εμπιστοσύνης που επιλέγονται είναι μεταξύ 90% - 99%. Όσο μεγαλύτερο είναι το επίπεδο εμπιστοσύνης, τόσο αυξάνεται και η πιθανότητα να είναι ορθότερη η εκτίμηση, ενώ όσο μειώνεται το διάστημα εμπιστοσύνης, τότε αυξάνεται το περιθώριο λάθους, να μην είναι δηλαδή ακριβής η εκτίμηση. Για παράδειγμα, για ρυθμιστικούς σκοπούς, για τους οποίους απαιτείται η όσο το δυνατό ορθότερη εκτίμηση, η επιλογή για επίπεδο εμπιστοσύνης 99% ίσως να είναι η καταλληλότερη. Το ίδιο επιλέγουν συνήθως διευθυντικά στελέχη και μέτοχοι.

#### **4.4.3. Ιστορική Περίοδος Δεδομένων (Περίοδος Παρατήρησης)**

Αναφέρεται στην χρονική περίοδο που καλύπτουν τα δεδομένα ενός δείγματος. Η περίοδος παρατήρησης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων καθώς, όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η περίοδος, τόσο πιο αξιόπιστα θα είναι τα αποτελέσματα ως προς την εκτίμηση του κινδύνου. Για παράδειγμα, ένας επενδυτής, αν επιλέξει μια σχετικά μικρή περίοδο παρατήρησης, μπορεί να οδηγηθεί σε παραπλανητικά (λανθασμένα) αποτελέσματα λόγω του ότι ενδέχεται σ' αυτή την περίοδο να υπάρχει ασυνήθιστη μεταβλητότητα στις αποδόσεις. Η περίοδος που επιλέγεται συνήθως κυμαίνεται μεταξύ τριών με πέντε ετών. Σύμφωνα με την Επιτροπή της Βασιλείας, όσον αφορά στις Τράπεζες, η περίοδος παρατήρησης πρέπει να είναι τουλάχιστον ένα έτος.

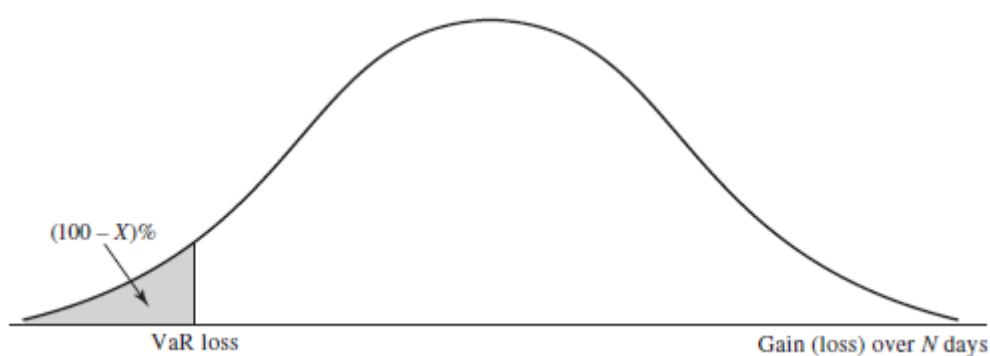
### **4.5 Υπολογισμός VaR**

Η εξαγωγή της VaR, ως ένα συνοπτικό στατιστικό στοιχείο της συνολικής συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας κερδών και ζημιών, μπορεί να γίνει με τους ακόλουθους δύο τρόπους: α) εξετάζοντας την πραγματική εμπειρική κατανομή, και β) χρησιμοποιώντας



μια παραμετρική προσέγγιση, όπως για παράδειγμα η κανονική κατανομή. Όσον αφορά στην πρώτη περίπτωση, η VaR μπορεί να εξαχθεί από το ποσοτικό δείγμα (ποσοστημόριο), ενώ όσον αφορά στη δεύτερη περίπτωση, μπορεί να εξαχθεί από την τυπική απόκλιση (Jorion, 2007).

Όπως έχει προαναφερθεί, ο σκοπός της VaR είναι να υπολογίσει τη μέγιστη δυνατή ζημιά που ενδέχεται να προκύψει σε προεπιλεγμένο χρονικό ορίζοντα και με προκαθορισμένη πιθανότητα (επίπεδο εμπιστοσύνης). Συνεπώς, προκύπτουν δύο ποσοτικοί παράγοντες, ο χρονικός ορίζοντας και το επίπεδο εμπιστοσύνης (βλ. Διάγραμμα 1).



**Διάγραμμα 1.** Υπολογισμός της VaR από την κατανομή πιθανοτήτων των αλλαγών στην αξία του χαρτοφυλακίου. Το επίπεδο εμπιστοσύνης είναι X%. Τα κέρδη στην αξία του χαρτοφυλακίου είναι θετικά, οι ζημιές είναι αρνητικές (Πηγή: Hull, 2015, σ.496).

Αν ορίσουμε ως C το επίπεδο εμπιστοσύνης και ως L τη ζημιά (θετικός αριθμός), τότε η VaR μπορεί να εκφραστεί από την ακόλουθη μαθηματική σχέση (Jorion, 2007):

$$P(L > VAR) \leq 1 - C$$

Αν για παράδειγμα έχουμε υπολογίσει την «Αξία σε Κίνδυνο» στο 1 εκ. ευρώ και επιλέξουμε επίπεδο εμπιστοσύνης 99%, τότε βάσει της πιο πάνω σχέσης, η πιθανότητα να προκύψει ζημιά μεγαλύτερη του 1 εκ. ευρώ είναι μικρότερη ή ίση του 1%.

Σύμφωνα με τον Stefaniak (2018), η VaR μπορεί να εκφραστεί μαθηματικά από τη σχέση:

$$P(V \leq V_0 - VaR) = a$$

Όπου:

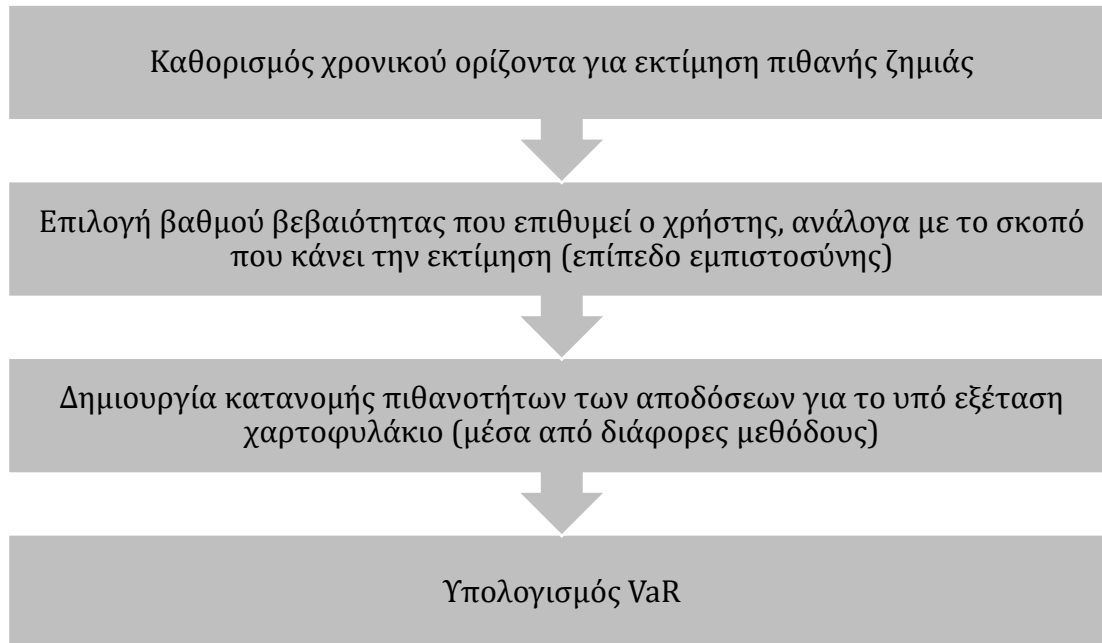
V = Αξία χαρτοφυλακίου στο τέλος της περιόδου

V<sub>0</sub> = Αξία χαρτοφυλακίου στην αρχή της περιόδου

VaR = Εκτιμώμενη «Αξία σε Κίνδυνο»

$\alpha$  = Προκαθορισμένο επίπεδο εμπιστοσύνης

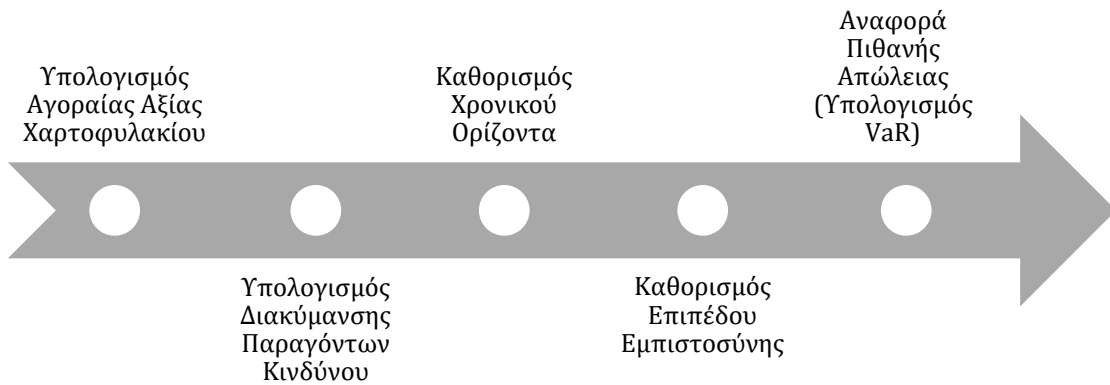
Σύμφωνα με τον Choudhry (2013), ο χρήστης που επιθυμεί να εκτιμήσει την VaR πρέπει να έχει στο μυαλό του πως θα χρειαστεί να ακολουθήσει συγκεκριμένα βήματα (διαδικασίες) που ορισμένα είναι κοινά σε όλες τις μεθόδους (βλ. Διάγραμμα 2).



**Διάγραμμα 2.** Συγκεκριμένα κοινά βήματα (διαδικασίες) που ακολουθούνται σε όλες τις μεθόδους

Αντίστοιχα, ο Jorion (2007), εισηγείται όπως πρώτα εκτιμηθεί η αγοραία αξία του χαρτοφυλακίου και μετρηθεί η διακύμανση των παραγόντων κινδύνου που επηρεάζουν το χαρτοφυλάκιο, και έπειτα να επιλεγθεί από τον χρήστη ο χρονικός ορίζοντας και το επιθυμητό επίπεδο εμπιστοσύνης, ώστε στο τέλος να υπολογιστεί η VaR (βλ. Διάγραμμα 3).

Ασφαλώς, τα πιο πάνω ισχύουν όταν οι συνθήκες της αγοράς είναι «κανονικές» (δεν ισχύουν δηλαδή σε «ακραίες» συνθήκες της αγοράς) και ανάλογα με τη μέθοδο της VaR που θα επιλέξει κανείς, τα αποτελέσματα που θα εξάγει μπορεί να διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό. Για τους πιο πάνω υπολογισμούς, υπάρχουν συγκεκριμένα μαθηματικά μοντέλα (λογισμικό) που διευκολύνουν τον χρήστη.



**Διάγραμμα 3.** Βήματα υπολογισμού VaR (Βασισμένο στον Jorion , 2007, σ.107)

Βάσει των πιο πάνω διαγραμμάτων, παρατηρεί κανείς πως για τον υπολογισμό της VaR, χρειάζεται πρώτα να γίνει η επιλογή των παραγόντων της αγοράς που επηρεάζουν τη μεταβλητότητα των αποδόσεων σε ένα χαρτοφυλάκιο. Σημειώνεται πως η επιλογή αυτών των παραγόντων είναι απλή όταν πρόκειται για ένα μόνο χρεόγραφο, για παράδειγμα ένα U.S. \$/€ forward όπου η αξία της θέσης επηρεάζεται μόνο από το U.S. \$/€ forward rate. Σε πιο σύνθετα οικονομικά προϊόντα απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των ορθών παραγόντων κινδύνου. Έπειτα, χρησιμοποιούνται αυτοί οι παράγοντες κινδύνου για τη δημιουργία της κατανομής των αλλαγών στις τιμές του χαρτοφυλακίου. Αφού δημιουργηθεί η κατανομή, γίνεται ο υπολογισμός του μέσου και των ποσοστημορίων της κατανομής και τέλος ο υπολογισμός της VaR του χαρτοφυλακίου (Choudhry, 2013) (βλ. σχετική υποενότητα πιο κάτω). Είναι σημαντικό να τονιστεί πως για τον ορθό υπολογισμό της VaR ενός χαρτοφυλακίου είναι απαραίτητο να γίνουν ορισμένες στατιστικές υποθέσεις, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να είναι πιο αξιόπιστα. Σύμφωνα με τον Καινούργιο (2002) οι υποθέσεις αυτές είναι οι ακόλουθες:

1. Κατά πόσο και σε ποιο βαθμό (έκταση) οι τρέχουσες μεταβολές στους παράγοντες κινδύνου (π.χ. τιμή) συσχετίζονται με τις μεταβολές που παρατηρήθηκαν στο παρελθόν.
2. Αν υπάρχει συσχέτιση (correlation) μεταξύ διαφορετικών μετατοπίσεων των τιμών.
3. Κατά πόσο τα χαρακτηριστικά του μέσου και της τυπικής απόκλισης είναι σταθερά στον χρόνο.
4. Με ποια χρονολογική σειρά στοιχείων εφαρμόζονται οι συγκεκριμένες υποθέσεις.

5. Η πιο σημαντική υπόθεση αφορά στην κατανομή που ακολουθούν οι διακυμάνσεις των αποδόσεων των στοιχείων του χαρτοφυλακίου (Allen & Saunders, 2019).

## 4.6 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα VaR

Η VaR είναι ένα αρκετά διαδεδομένο εργαλείο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση και τη διαχείριση κινδύνων στον χρηματοοικονομικό τομέα, τόσο από εμπορικές και επενδυτικές Τράπεζες, όσο και από μη χρηματοοικονομικές επιχειρήσεις. Καθίσταται τόσο δημοφιλές λόγω της ανάγκης που προκύπτει για ποσοτικοποίηση των κινδύνων στα χαρτοφυλάκια που έχουν οι προαναφερόμενες. Μέσω της VaR μπορεί να δοθεί μια ένδειξη σχετικά με τη μέγιστη οικονομική απώλεια σε ένα χαρτοφυλάκιο για συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Απώτερος σκοπός είναι η ορθή κατανομή των ποσοστών συμμετοχής των περιουσιακών στοιχείων στα χαρτοφυλάκιά τους, έτσι ώστε να διατηρούνται τα επιθυμητά επίπεδα κινδύνου. Ουσιαστικά, λαμβάνοντας υπόψη τον βαθμό έκθεσης που μεταφέρει ολόκληρο το χαρτοφυλάκιο, ο εκτιμητής VaR μπορεί να υπολογίσει την αξία που είναι σε κίνδυνο.

Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν αρκετά πλεονεκτήματα που οδήγησαν στην ευρεία αποδοχή και χρήση της VaR, αυτοί που τη χρησιμοποιούν χρειάζεται να γνωρίζουν και τα μειονεκτήματα – περιορισμούς της. Πιο κάτω γίνεται αναφορά στα σημαντικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της VaR.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της VaR είναι ότι αποτελεί ένα ευρέως αποδεκτό πρότυπο. Τόσο η Επιτροπή της Βασιλείας για την εποπτεία των Τραπεζών, όσο και οι Κεντρικές Τράπεζες αλλά και οι εποπτικές αρχές Ευρωπαϊκών χωρών, συγκλίνουν στην αποδοχή της VaR ως μιας κατάλληλης μεθόδου εκτίμησης συγκεκριμένων χρηματοοικονομικών κινδύνων. Συνεπώς, μπορούμε να πούμε ότι η VaR διαδραματίζει ένα σημαντικό ενοποιητικό ρόλο και ταυτόχρονα μια καλή βάση για σύγκριση των κινδύνων ανάμεσα σε χαρτοφυλάκια, χρηματοπιστωτικούς διαμεσολαβητές και επιχειρήσεις (Wiener, 1999).

Ένα άλλο εξίσου σημαντικό πλεονέκτημα της VaR είναι ότι μπορεί κανείς να συνοψίσει σε έναν μόνο αριθμό τη συνολική έκθεση μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού στον κίνδυνο. Δεδομένου ότι μετριέται σε νομισματικές μονάδες (ευρώ, δολάρια) ή ως ποσοστό της αξίας χαρτοφυλακίου, μπορεί να θεωρηθεί ως μια από τις μεθόδους που μπορούν εύκολα να

ερμηνευτούν, να κατανοηθούν και να χρησιμοποιηθούν από τον κάθε ενδιαφερόμενο σε χρηματοοικονομικές αναλύσεις. Είναι δηλαδή μια σχετικά απλή και σαφής μέθοδος η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα.

Ακόμη, μπορεί να εφαρμοστεί σε ομόλογα, μετοχές, συναλλαγματικές ισοτιμίες, παράγωγα και άλλα περιουσιακά στοιχεία που έχουν κάποια τιμή. Είναι γι' αυτό το λόγο που τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα προτιμούν τη συγκεκριμένη μέθοδο. Μέσω της VaR, μπορούν να συγκρίνουν την κερδοφορία (απόδοση) και τους κινδύνους που εμπεριέχουν διαφορετικά περιουσιακά στοιχεία και να κατανέμουν τον κίνδυνο μεταξύ διαφορετικών κατηγοριών τίτλων (risk budgeting). Βάσει της πληροφόρησης που δίνει η VaR, οι διαχειριστές κινδύνων και οι επενδυτές μπορούν να βελτιστοποιήσουν την απόδοση των χαρτοφυλακίων τους επιλέγοντας την καταλληλότερη στρατηγική επένδυσης (Τσαγκανός, 2015).

Επιπλέον, είναι διαθέσιμη και άμεσα προσβάσιμη σε διάφορους τύπους χρηματοοικονομικών λογισμικών. Μπορεί κανείς γρήγορα να υπολογίσει την VaR του χαρτοφυλακίου του καταχωρώντας την αξία των περιουσιακών στοιχείων και θέτοντας ορισμένες παραμέτρους. Δεν προαπαιτεί δηλαδή ιδιαίτερη εξειδίκευση στη στατιστική, καθώς το λογισμικό παίρνει τα ιστορικά δεδομένα των στοιχείων που απαρτίζουν ένα χαρτοφυλάκιο και διενεργεί τους απαραίτητους υπολογισμούς (macroption.com)

Ο καθορισμός ορίων στους διαπραγματευτές συναλλάγματος και χρεογράφων σε όρους της VaR, από τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, αποτελεί ακόμα ένα πλεονέκτημα της VaR. Παράλληλα, η VaR επιτρέπει τη σύγκριση επενδύσεων σε διαφορετικές αγορές σε καθημερινή, μηνιαία και ετήσια βάση. Τέλος, δύναται να ανιχνεύσει τη σχέση κινδύνου-απόδοσης ενός χαρτοφυλακίου με ένα δείκτη αναφοράς (benchmark index). Αφού υπολογιστεί η VaR ενός δείκτη από τα οικονομικά στοιχεία που τον απαρτίζουν, μπορεί να συγκριθεί με τη VaR άλλου χαρτοφυλακίου επενδύσεων (Καινούργιος, 2012).

Αντίθετα, οι χρήστες της VaR, θα πρέπει να έχουν υπόψη τους διάφορα μειονεκτήματα – περιορισμούς που θα αντιμετωπίσουν ή που πρέπει να λάβουν υπόψη κατά τη χρησιμοποίηση της VaR. Συγκεκριμένα, μέσω της προσέγγισης VaR δεν μπορεί να προβλεφθεί στην ολότητά της η πιθανή οικονομική απώλεια που μπορεί να προκύψει σε

ένα χαρτοφυλάκιο. Ακόμη και στην περίπτωση που επιλεγθεί επίπεδο εμπιστοσύνης 99%, υπάρχει η πιθανότητα 1% (αυτό μεταφράζεται σε ορισμένες μέρες τον χρόνο με την ημερήσια VaR) αυτή η απώλεια να ξεπερνά το ποσό της εκτίμησης της VaR (macroption.com).

Όταν γίνεται υπολογισμός της VaR, δεν αρκεί μόνο ο υπολογισμός της απόδοσης και της μεταβλητότητας του κάθε περιουσιακού στοιχείου ξεχωριστά, αλλά χρειάζεται και ο υπολογισμός των συσχετίσεων που έχουν μεταξύ τους. Καθώς αυξάνεται ο αριθμός και η διαφοροποίηση των επενδύσεων σε ένα χαρτοφυλάκιο, ταυτόχρονα αυξάνεται η δυσκολία και το κόστος της συγκεκριμένης λειτουργίας (macroption.com). Το γεγονός ότι οι συσχετίσεις μεταξύ ξεχωριστών παραγόντων κινδύνου μπαίνουν στον υπολογισμό της VaR, αποτελεί τον λόγο για τον οποίο η VaR δεν είναι μια προσθετική μέθοδος. Για παράδειγμα, η VaR ενός χαρτοφυλακίου που περιλαμβάνει δυο περιουσιακά στοιχεία, X και Y, δεν ισούται με το άθροισμα της VaR του X και της VaR του Y (macroption.com).

Επιπλέον, ο χρήστης πρέπει να λάβει υπόψη του ότι τα ιστορικά δεδομένα μπορεί να είναι ένας λανθασμένος εκτιμητής. Όλες οι προσεγγίσεις κάνουν υποθέσεις σχετικά με την κατανομή των αποδόσεων βασισμένες σε ιστορικά δεδομένα. Παράλληλα, ο εκτιμητής VaR υποθέτει συνεχή μεταβλητότητα και συσχετίσεις, παρόλο που αυτά αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου (Corkalo, 2011). Ακόμη, παρόλο που υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις (μέθοδοι) υπολογισμού της VaR που είναι ενδεδειγμένες για διαφορετικές περιπτώσεις, εντούτοις, αυτές οι μέθοδοι, καταλήγουν αρκετές φορές σε διαφορετικά αποτελέσματα για το ίδιο χαρτοφυλάκιο. Με άλλα λόγια, δεν υπάρχει πάντοτε σύγκλιση αποτελεσμάτων μεταξύ μεθόδων (Corkalo, 2011).

Ένας άλλος περιορισμός σχετίζεται με τη δυνατότητα της VaR να εκτιμήσει μόνο συγκεκριμένους κινδύνους και όχι όλο το φάσμα των κινδύνων που αντιμετωπίζουν τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα και οι επιχειρήσεις. (Corkalo, 2011). Πέραν από αυτό, φαίνεται να περιορίζεται κυρίως στην εκτίμηση βραχυπρόθεσμων κινδύνων, ενώ υστερεί στην εκτίμηση μακροπρόθεσμων κινδύνων όταν οι συνθήκες της αγοράς είναι κανονικές (Alexander, 2009). Επιπρόσθετα, σε περιπτώσεις ξαφνικής μεταβολής των αποδόσεων ενός περιουσιακού στοιχείου ή ενός χαρτοφυλακίου κατά μη προβλέψιμο τρόπο, ελλοχεύει ο κίνδυνος υπολογισμού υποεκτιμημένων αποτελεσμάτων (Καινούργιος, 2012).

Λανθασμένες εκτιμήσεις μπορεί να προκύψουν αν τα δεδομένα κάποιων περιπτώσεων δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.

Σε κάποιες περιπτώσεις υπάρχει ο κίνδυνος η VaR να υποεκτιμήσει τις πραγματικές ζημιές, αφού αυτές υπολογίζονται υποθέτοντας ότι τα περιουσιακά στοιχεία μπορούν να πωληθούν στις τρέχουσες αγοραίες τιμές, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ενδεχόμενη ύπαρξη μη ρευστοποιήσιμων στοιχείων (που δεν μπορούν εύκολα να μεταπωληθούν) που ίσως πωληθούν σε έκπτωση (Τσαγκανός, 2015). Τέλος, ο χρήστης θα πρέπει να έχει υπόψη του ότι η VaR δεν είναι από μόνη της μια επαρκής μέθοδος μέτρησης κινδύνου, λόγω της παρουσίας παχιών ουρών (fat tails) στις μεταβολές των τιμών των χρηματοοικονομικών περιουσιακών στοιχείων (Best, 1998).

# Κεφάλαιο 5

## Μέθοδοι Υπολογισμού VaR

Υπάρχουν δύο βασικά μοντέλα υπολογισμού της VaR, το παραμετρικό και το μη παραμετρικό (Wiener, 1999). Το παραμετρικό μοντέλο αποτελείται από τη μέθοδο Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης (Variance-Covariance) και ορισμένες αναλυτικές μεθόδους. Στο μη παραμετρικό μοντέλο, οι κυριότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι η μέθοδος της Ιστορικής Προσομοίωσης (Historical Simulation) και η μέθοδος Προσομοίωσης Monte-Carlo. Οι τελευταίες δύο ανήκουν στην κατηγορία των μη παραμετρικών προσεγγίσεων αποτίμησης του κινδύνου λόγω του ότι για τη χρησιμοποίησή τους δεν προαπαιτείται από τον χρήστη να γνωρίζει την κατανομή των πιθανοτήτων που ακολουθούν οι αποδόσεις των χρηματοοικονομικών προϊόντων, σε αντίθεση με τη μέθοδο της Διακύμανσης-Συνδιακύμανσης όπου αυτό είναι προαπαιτούμενο.

Σαφώς, υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις στον τρόπο με τον οποίο μπορεί να υπολογιστεί η VaR. Η βασική διαφορά έγκειται στον τρόπο υπολογισμού της κατανομής των αποδόσεων των χαρτοφυλακίων, καθώς ορισμένες μέθοδοι υποθέτουν κάποιες δεδομένες κατανομές για τις αποδόσεις (π.χ. κανονική, student's t), ενώ άλλες βασίζονται σε μη παραμετρικές μεθόδους και δεν κάνουν κάποια υπόθεση για συγκεκριμένη κατανομή αποδόσεων.

Σύμφωνα με τους Engle και Manganelli (2001), οι μέθοδοι εκτίμησης της VaR κατηγοριοποιούνται σε τρεις ευρύτερες κατηγορίες:

1. Παραμετρικές (RiskMetrics και GARCH)
2. Μη παραμετρικές (Μέθοδος Ιστορικής Προσομοίωσης και Υβριδικό μοντέλο)
3. Ημιπαραμετρικές (Extreme Value Theory, CAViaR και quasi-maximum



likelihood GARCH).

Επίσης, σύμφωνα μ' αυτούς, παρά το γεγονός ότι τα υπάρχοντα μοντέλα υπολογισμού της VaR αναπτύσσουν διαφορετικές μεθοδολογίες, εντούτοις, όλα έχουν μια κοινή δομή που μπορεί να συνοψιστεί σε τρία σημεία:

1. Υπολογισμός των τρεχουσών τιμών (αγοράς) του χαρτοφυλακίου.
2. Υπολογισμός της κατανομής των αποδόσεων του χαρτοφυλακίου.
3. Υπολογισμός της VaR του χαρτοφυλακίου.

Σύμφωνα με τον Wiener (1999) όλες οι μέθοδοι υπολογισμού της VaR ακολουθούν τα εξής παρόμοια βήματα:

1. Επιλογή των παραμέτρων (χρονικός ορίζοντας, επίπεδο εμπιστοσύνης, περίοδος εκτίμησης).
2. Επιλογή των σχετικών παραγόντων της αγοράς.
3. Κατηγοριοποίηση των τίτλων και των αντίστοιχων κινδύνων (Risk Mapping).
4. Υπολογισμός της VaR.

Στο πρώτο βήμα καθορίζονται οι σχετικές παράμετροι σύμφωνα με τους στόχους και τις πηγές. Έπειτα, το δεύτερο και τρίτο βήμα υποθέτουν κάποιο είδος μοντέλου που μπορεί να είναι είτε ένα σύνολο σχετικών παραγόντων, είτε ένα εξ' ολοκλήρου καθορισμένο μοντέλο αποτίμησης. Σε κάθε περίπτωση, ο αριθμός σχετικών παραμέτρων πρέπει να καθοριστεί και έπειτα να εφαρμοστεί κάποια μέθοδος εκτίμησης χαρτοφυλακίου που να βασίζεται σ' αυτές τις παραμέτρους. Το τέταρτο βήμα αναφέρεται στον ίδιο τον υπολογισμό, ο οποίος σε ορισμένες περιπτώσεις, ειδικότερα όταν εφαρμόζεται η μεθοδολογία Monte Carlo ενδέχεται να είναι αρκετά χρονοβόρος.

Πιο κάτω αναλύονται οι τρεις κυριότερες μέθοδοι υπολογισμού της VaR στις οποίες έγινε αναφορά προηγουμένως.

## **5.1 Μέθοδος Ιστορικής Προσομοίωσης**

Η μέθοδος της Ιστορικής Προσομοίωσης θεωρείται ως η πιο απλή μη παραμετρική μέθοδος εξαγωγής της VaR και ταυτόχρονα η πιο δημοφιλής μεταξύ των Τραπεζών. Σύμφωνα με

τους Perignon και Smith (2010), το 73% των Τραπεζών χρησιμοποίησαν τη συγκεκριμένη μέθοδο για υπολογισμό της VaR μέσα στο 2005 (Holton, 2014).

Η μέθοδος αυτή δεν βασίζεται σε μέτρα συσχέτισης και μεταβλητότητας, αλλά χρησιμοποιεί ιστορικές χρονοσειρές παραγόντων κινδύνου (τιμές, συναλλαγματικές ισοτιμίες) που ενσωματώνουν συσχετίσεις και μεταβλητότητες των παραγόντων κινδύνου. Γενικά, τόσο στη θεωρία, όσο και στην εφαρμογή είναι σχετικά απλή και δεν βασίζεται σε περιοριστικές παραμετρικές υποθέσεις, παρά μόνο στην υπόθεση ότι τα ιστορικά δεδομένα της περιόδου (παραθύρου) παρατήρησης που θα επιλεγούν είναι αντιπροσωπευτικά των υφιστάμενων συνθηκών της αγοράς (Bessis, 2010) και ότι οι ιστορικές αλλαγές θα επαναληφθούν.

Σ' αυτή τη μέθοδο δεν απαιτείται από τον χρήστη να κάνει οποιαδήποτε αναλυτική υπόθεση σχετικά με την κατανομή που ακολουθούν οι παράγοντες κινδύνου, ούτε επίσης κάποια υπόθεση για σύνθετη δομή των αγορών. Παρ' όλα αυτά, χρειάζεται να υπάρχουν ιστορικά δεδομένα κάποιων ετών, έτσι ώστε να είναι σε θέση ο χρήστης να εξάγει ουσιαστικά αποτελέσματα (Crouhy et al., 2006). Σύμφωνα με τους Crouhy et al. (2006) για τον υπολογισμό της VaR ενός χαρτοφυλακίου με διάφορα χρεόγραφα πρέπει να ακολουθηθεί μια σειρά βημάτων. Πρώτα, να γίνει ανάλυση των αλλαγών των παραγόντων κινδύνου (τιμές, ισοτιμίες) για συγκεκριμένη χρονική περίοδο (π.χ. τρία έτη). Έπειτα, το υπό εξέταση χαρτοφυλάκιο να επανεκτιμηθεί, χρησιμοποιώντας τις αλλαγές στους παράγοντες κινδύνου που έχουν εξαχθεί από τα ιστορικά δεδομένα. Έτσι, δημιουργείται η κατανομή των αποδόσεων του χαρτοφυλακίου από την οποία μπορεί να εξαχθεί η VaR του χαρτοφυλακίου. Κάθε ημερήσια (προσομοιωμένη) αλλαγή στην αξία του χαρτοφυλακίου θεωρείται ως μια παρατήρηση στην κατανομή που έχει δημιουργηθεί.

Σύμφωνα με τον Best (1998), ακόμη μια προσέγγιση για υπολογισμό της VaR χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης μπορεί να πραγματοποιηθεί παίρνοντας ιστορικά δεδομένα ποσοστιαίων αλλαγών των τιμών και εφαρμόζοντάς τα στο τρέχον χαρτοφυλάκιο ακολουθώντας τα πιο κάτω βήματα:

1. Δημιουργία χρονοσειρών από τις αλλαγές στις τιμές για κάθε περιουσιακό στοιχείο ή παράγοντα κινδύνου που χρειάζεται για επανεκτίμηση του χαρτοφυλακίου.
2. Εφαρμογή των αλλαγών των τιμών στο χαρτοφυλάκιο για τη δημιουργία

«ιστορικών» σειρών από αλλαγές στην αξία του χαρτοφυλακίου.

3. Ταξινόμηση της σειράς αλλαγών στην αξία χαρτοφυλακίου σε εκατοστημόρια.
4. Η VaR του χαρτοφυλακίου είναι η αλλαγή αξίας που αντιστοιχεί στο απαιτούμενο επίπεδο εμπιστοσύνης

### **5.1.1 Πλεονεκτήματα Μεθόδου Ιστορικής Προσομοίωσης (Best, 1998)**

1. Λόγω του ότι είναι μια απολύτως μη παραμετρική μέθοδος, δεν χρειάζεται ο χρήστης να ανησυχεί για τον καθορισμό παραμέτρων. Επίσης, δεν βασίζεται σε υποθέσεις που σχετίζονται με την κατανομή των παραγόντων κινδύνου. Πιο συγκεκριμένα, δεν χρειάζεται κανείς να υποθέσει ότι οι αποδόσεις των παραγόντων κινδύνου ακολουθούν την κανονική κατανομή και ότι είναι ανεξάρτητες στον χρόνο.
2. Μπορεί να διαχειριστεί (υπολογίσει) συμβόλαια δικαιωμάτων προαίρεσης (options) σε ένα χαρτοφυλάκιο.
3. Όσον αφορά στην αναπαράσταση της πραγματικής συμπεριφοράς της αγοράς, η μέθοδος της Ιστορικής Προσομοίωσης υπερέχει της μεθόδου Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης.
4. Δεν υποθέτει ότι οι αλλαγές στις τιμές των περιουσιακών στοιχείων του χαρτοφυλακίου ακολουθούν την κανονική κατανομή.

### **5.1.2 Μειονεκτήματα Μεθόδου Ιστορικής Προσομοίωσης (Jorion, 2007)**

1. Υποθέτει ότι το παρελθόν αντιπροσωπεύει επαρκώς το άμεσο μέλλον. Ότι δηλαδή οι ιστορικές αλλαγές θα επαναληφθούν. Αν στο «παράθυρο» παρατήρησης δεν συμπεριληφθούν σημαντικά γεγονότα τότε οι ουρές (tails) στην κατανομή δεν θα είναι αντιπροσωπευτικές. Και αντίθετα, υπάρχει το ενδεχόμενο κάποια γεγονότα να μην επαναληφθούν στο μέλλον.
2. Υποθέτει ότι η κατανομή είναι στάσιμη καθ' όλη την περίοδο παρατήρησης. Στην πραγματικότητα μπορεί να υπάρχει σημαντική και προβλέψιμη χρονική διακύμανση του κινδύνου.

## **5.2 Μέθοδος Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης**

Η μέθοδος Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης ή αλλιώς αναλυτική μέθοδος είναι μια

παραμετρική μέθοδος που βασίζεται στις υποθέσεις ότι οι αποδόσεις των παραγόντων (μεταβλητών) κινδύνου ακολουθούν την κανονική κατανομή, οι συσχετίσεις μεταξύ των παραγόντων κινδύνου είναι σταθερές και το delta (ευαισθησία τιμής σε αλλαγές παράγοντα κινδύνου) κάθε συστατικού του χαρτοφυλακίου είναι επίσης σταθερό. Η μεταβλητότητα του κάθε παράγοντα κινδύνου εξάγεται από την ιστορική περίοδο παρατήρησης, συνεπώς, είναι απαραίτητο να υπάρχουν ιστορικά δεδομένα των αποδόσεων των θέσεων του χαρτοφυλακίου (Choudhry, 2013). Ιστορικά δεδομένα τα οποία χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των κύριων παραμέτρων, δηλαδή του μέσου, της τυπικής απόκλισης και της συσχέτισης.

Οι Linsmeier & Pearson (1996) αναφέρουν ότι η προσέγγιση της Διακύμανσης - Συνδιακύμανσης βασίζεται στην υπόθεση ότι οι υποκείμενοι παράγοντες της αγοράς ακολουθούν πολυμεταβλητή (multivariate) κανονική κατανομή. Χρησιμοποιώντας αυτή την υπόθεση, μπορεί κανείς να καθορίσει την κατανομή πιθανών κερδών και ζημιών του χαρτοφυλακίου, η οποία είναι επίσης κανονική. Έχοντας πλέον τη συγκεκριμένη κατανομή, χρησιμοποιούνται τυπικές μαθηματικές ιδιότητες της κανονικής κατανομής για τον προσδιορισμό της απώλειας που θα ισούται ή θα υπερβαίνει το  $X$  ποσοστό του χρόνου, δηλαδή την VaR.

### **5.2.1 Χαρτογράφηση Κινδύνου (Risk Mapping)**

Κομβικό σημείο στη συγκεκριμένη προσέγγιση είναι το “risk mapping”. Σύμφωνα με αυτό, παίρνονται τα χρηματοπιστωτικά μέσα και κατηγοριοποιούνται σε ένα σύνολο απλουστευμένων, τυποποιημένων θέσεων, όπου η κάθε μια σχετίζεται με μόνο ένα παράγοντα της αγοράς. Ο πίνακας συνδιακύμανσης των αλλαγών στις αξίες των τυποποιημένων θέσεων, μπορεί να υπολογιστεί από τον πίνακα συνδιακύμανσης των αλλαγών στους βασικούς παράγοντες της αγοράς. Έπειτα, όταν προσδιοριστεί ο πίνακας συνδιακύμανσης των τυποποιημένων θέσεων, η τυπική απόκλιση οποιουδήποτε χαρτοφυλακίου τυποποιημένων θέσεων μπορεί να υπολογιστεί με τη χρήση φόρμουλας για την τυπική απόκλιση ενός συνόλου τυχαίων κανονικών μεταβλητών (Linsmeier & Pearson, 1996).

### **5.2.2 Πλεονεκτήματα Μεθόδου Διακύμανσης - Συνδιακύμανσης**

1. Είναι απλή και εύκολη στη χρήση μέθοδος υπολογισμού της VaR (Choudhry, 2013)

2. Για αρκετές παραμέτρους της αγοράς όλα τα δεδομένα είναι ευρέως γνωστά. Οι βάσεις δεδομένων για τη χρήση της είναι δωρεάν και άμεσα προσβάσιμες (μια αρκετά καλή πηγή δεδομένων είναι το RiskMetrics™ (Wiener, 1999)
3. Λόγω του Κεντρικού Οριακού Θεωρήματος, η μεθοδολογία μπορεί να εφαρμοστεί ακόμη και όταν οι παράγοντες κινδύνου δεν ακολουθούν κανονική κατανομή, δεδομένου ότι είναι αρκετοί και σχετικά ανεξάρτητοι (Crouhy et al., 2006).

### **5.2.3 Μειονεκτήματα Μεθόδου Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης**

1. Υποθέτει ότι οι αποδόσεις κατανέμονται κανονικά παραγνωρίζοντας ότι ορισμένες φορές κατανέμονται ασύμμετρα λόγω εμφάνισης ακραίων τιμών (Crouhy et al., 2006).
2. Δεν συνίσταται για χαρτοφυλάκια με μη γραμμικές θέσεις, όπως για παράδειγμα τα παράγωγα, αφού δεν μπορεί να αποδώσει τις ασυμμετρίες στην κατανομή τους (Jorion, 2007).
3. Ύπαρξη παχιών ουρών (fat tails) στην κατανομή των αποδόσεων των περισσότερων περιουσιακών στοιχείων. Αυτό, σε μοντέλα που ακολουθούν την κανονική κατανομή, συνεπάγεται σε υποεκτίμηση της αναλογίας των έκτροπων παρατηρήσεων και κατ' επέκταση σε λανθασμένη VaR (Jorion, 2007).

## **5.3 Μέθοδος Προσομοίωσης Monte Carlo**

Η μέθοδος Προσομοίωσης Monte Carlo είναι μια μη παραμετρική μέθοδος. Σε γενικές γραμμές παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες με τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης, παρ' όλα αυτά όμως έχει μια ειδοποιό διαφορά. Αυτή αφορά στο ότι οι μεταβολές στις τιμές των παραγόντων κινδύνου, από τις οποίες διενεργείται ο υπολογισμός της VaR ενός χαρτοφυλακίου, δεν είναι πραγματικές μεταβολές (δεν έχουν λάβει χώρα στο παρελθόν), αλλά δημιουργούνται μέσω προσομοίωσης.

Πιο συγκεκριμένα, αφού επιλεγεί μια στατιστική κατανομή η οποία να αντιπροσωπεύει (αποδίδει) επαρκώς τις πιθανές μεταβολές στους παράγοντες κινδύνου, τότε με τη χρήση ενός παραγωγού ψευδοτυχαίων αριθμών μπορούν να δημιουργηθούν αρκετές χιλιάδες υποθετικές αλλαγές στους παράγοντες κινδύνου. Έπειτα, οι αλλαγές αυτές χρησιμοποιούνται για την κατασκευή χιλιάδων υποθετικών σεναρίων κερδών και ζημιών

στο χαρτοφυλάκιο, σχηματίζοντας κατ' επέκταση και την κατανομή των πιθανών κερδών και ζημιών του χαρτοφυλακίου από την οποία προκύπτει η VaR.

Σύμφωνα με τους Linsmeier & Pearson (1996), για τον υπολογισμό της VaR χαρτοφυλακίου που αποτελείται από ένα χρεόγραφο, μέσω αυτής της μεθόδου ακολουθούνται τα εξής βήματα:

1. Προσδιορισμός των κυριότερων παραγόντων της αγοράς και του τύπου που να εκφράζει την αγοραία αξία του χρεογράφου σε όρους αυτών των παραγόντων.
2. Προσδιορισμός της κατανομής που θα ακολουθούν οι αλλαγές στους βασικούς παράγοντες της αγοράς και υπολογισμός των παραμέτρων αυτής της κατανομής.
3. Χρησιμοποίηση παραγωγού ψευδοτυχαίων αριθμών για τη δημιουργία  $N$  υποθετικών μεταβολών στις τιμές των παραγόντων της αγοράς. Ο αριθμός  $N$  είναι στις πλείστες περιπτώσεις μεγαλύτερος από 1.000, ίσως μεγαλύτερος και από 10.000. Οι  $N$  υποθετικές μεταβολές χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό  $N$  υποθετικών αγοραίων τιμών του χρεογράφου. Έπειτα, από κάθε μία από τις υποθετικές τιμές του χρεογράφου αφαιρείται η πραγματική αγοραία αξία του χρεογράφου για να έχουμε  $N$  υποθετικές περιπτώσεις κερδών και ζημιών.
4. Ταξινόμηση των κερδών και των ζημιών από το μεγαλύτερο κέρδος στη μεγαλύτερη ζημιά.
5. Υπολογισμός VaR βάσει και του προεπιλεγμένου επιπέδου εμπιστοσύνης.

Για τον υπολογισμό της VaR σε ένα πιο ρεαλιστικό χαρτοφυλάκιο με περισσότερα του ενός χρεόγραφα, χρειάζεται να γίνουν κάποιες αλλαγές στα βήματα που θα ακολουθηθούν. Στο βήμα 1 πιθανότατα να υπάρχουν περισσότεροι παράγοντες της αγοράς. Αυτοί, θα πρέπει να προσδιοριστούν, όπως το ίδιο και οι τύποι που εκφράζουν τις αξίες των χρεογράφων σε όρους των παραγόντων της αγοράς. Στο βήμα 2 χρειάζεται να προσδιοριστεί η κοινή κατανομή των πιθανών αλλαγών στις αξίες όλων των παραγόντων της αγοράς. Τέλος, στο βήμα 3, όπως συμβαίνει και στη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης, τα κέρδη και οι ζημιές του κάθε χρεογράφου πρέπει να υπολογιστούν και έπειτα να προστεθούν για κάθε μέρα προτού ταξινομηθούν από το μεγαλύτερο κέρδος στη μεγαλύτερη ζημιά.

### **5.3.1 Πλεονεκτήματα Μεθόδου Προσομοίωσης Monte Carlo**

1. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τον υπολογισμό σύνθετων χαρτοφυλακίων που

περιλαμβάνουν μη γραμμικά οικονομικά προϊόντα (π.χ. options) (Crouhy et al., 2006; Wiener, 1999)

2. Δίνει το δικαίωμα στον χρήστη να επιλέξει την κατανομή που επιθυμεί, αυτή δηλαδή που περιγράφει επαρκώς τις αλλαγές στους παράγοντες κινδύνου (Corkalo, 2011).
3. Είναι αρκετά εξελιγμένη και ευέλικτη μέθοδος, μπορεί να συλλάβει το πρόβλημα των παχιών ουρών (fat tails) στην κατανομή ή ακόμη και ακραία σενάρια (Jorion, 2007).

### **5.3.2 Μειονεκτήματα Μεθόδου Προσομοίωσης Monte Carlo**

1. Είναι πιο χρονοβόρα ως προς την εφαρμογή και εξαγωγή αποτελεσμάτων συγκριτικά με τις άλλες μεθόδους (Jorion, 2007).
2. Απαιτεί αρκετούς οικονομικούς πόρους όσον αφορά στην ανάπτυξη της υποδομής αλλά και της εκπαίδευσης του προσωπικού για τη χρήση της (Jorion, 2007).
3. Λόγω του ότι είναι πιο περίπλοκη μέθοδος από τις άλλες, είναι ταυτόχρονα και δυσκολότερο να επεξηγηθεί στη διεύθυνση (Linsmeier & Pearson, 1996)

## **5.4 Σύγκριση Μεθόδων VaR**

Συνοψίζοντας, παρατηρούμε ότι υπάρχουν αρκετές μέθοδοι υπολογισμού της VaR, ορισμένες από τις οποίες είναι ευκολότερες στη χρήση, ενώ κάποιες άλλες είναι δυσκολότερες και πιο χρονοβόρες. Είδαμε, επίσης, ότι η κάθε μέθοδος έχει τόσο τα θετικά, όσο και τα αρνητικά (περιορισμούς) της. Το ποια μέθοδο θα επιλέξει ο χρήστης εξαρτάται από τη σύνθεση του υπό εξέταση χαρτοφυλακίου. Συνεπώς, προκειμένου ο χρήστης να επιλέξει την καταλληλότερη μέθοδο, χρειάζεται πρώτα να έχει μια πλήρη εικόνα των περιουσιακών στοιχείων που απαρτίζουν το χαρτοφυλάκιο. Έπειτα, πρέπει να προχωρήσει σε ανάλυση των ιστορικών δεδομένων έτσι ώστε να εντοπίσει την κατανομή των αποδόσεων, βάσει της οποίας θα επιλέξει και τη μέθοδο που θα εφαρμόσει. Γενικά, όταν πρόκειται για ένα απλό χαρτοφυλάκιο μετοχών, και οι τρεις προσεγγίσεις ανταποκρίνονται στον ίδιο βαθμό ικανοποιητικά.

Σύμφωνα με τους Cheung & Powell (2012), ο κύριος λόγος για να επιλέξει κανείς μια μη παραμετρική μέθοδο είναι για να αποφύγει ένα λανθασμένο προσδιορισμό συναρτήσεων

πυκνότητας πιθανότητας των παραγόντων κινδύνου σε μια εποχή συχνής χρηματοοικονομικής αστάθειας. Εάν κανείς υποθέτει ότι οι συνθήκες της αγοράς είναι κανονικές (φυσιολογικές), τότε ο υπολογισμός της VaR απλοποιείται σε μεγάλο βαθμό, αφού θα θεωρήσει ότι η κατανομή των παραγόντων κινδύνου εμπίπτει στην οικογένεια των παραμετρικών μεθόδων, επιλέγοντας για παράδειγμα την κανονική ή τη γάμμα κατανομή. Παρ' όλα αυτά, κάποιοι ερευνητές θεωρούν ότι οι παραμετρικές μέθοδοι είναι αρκετά περιοριστικές και προτιμούν η επιλογή της κατανομής των παραγόντων κινδύνου να λαμβάνεται εμπειρικά. Αξίζει να αναφερθεί πως ανεξάρτητα από το ποια μέθοδο θα επιλέξει τελικά ο χρήστης για τον υπολογισμό της VaR, είναι πολύ σημαντικό στο τέλος να διενεργήσει έναν επανέλεγχο (backtesting), για να εξετάσει πόσες φορές ενδέχεται να ξεπεραστεί η απώλεια που υπολογίστηκε με τη VaR και να δει έτσι την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων που έχει εξάγει.

Οι Linsmeier & Pearson (1996), σε μια προσπάθεια σύγκρισης των υπέρ και των κατά των τριών μεθόδων που προαναφέρθηκαν, αναφέρονται στα πιο κάτω κριτήρια:

1) Ικανότητα απόδοσης του κινδύνου των συμβολαίων δικαιωμάτων προαίρεσης και παρόμοιων παραγώγων. Οι δύο μέθοδοι Προσομοίωσης (Ιστορική & Monte Carlo) μπορούν να αποδώσουν αρκούντως ικανοποιητικά τον συγκεκριμένο κίνδυνο. Αντιθέτως, η μέθοδος Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης δεν είναι ικανή στο να αποδώσει τον κίνδυνο που ενέχουν τέτοιου είδους παράγωγα σε ένα χαρτοφυλάκιο. Συνεπώς, η τελευταία δεν ενδείκνυται σε χαρτοφυλάκια με μη γραμμικές θέσεις, όπου είναι προτιμότερο να επιλέγεται η μέθοδος Προσομοίωσης Monte Carlo.

2) Ευκολία εφαρμογής – υπολογισμού. Η μέθοδος Ιστορικής Προσομοίωσης είναι αρκετά απλή και εύκολη στην εφαρμογή. Εφόσον ο χρήστης έχει τα ιστορικά δεδομένα των περιουσιακών στοιχείων που απαρτίζουν το χαρτοφυλάκιο του, μπορεί εύκολα να τα χρησιμοποιήσει σε κάποιο στατιστικό πρόγραμμα και μέσω τύπων και συναρτήσεων (functions) που είναι ενσωματωμένες στο πρόγραμμα να εξάγει αποτελέσματα. Η μόνη δυσκολία της έγκειται στο ότι απαιτείται από τον χρήστη να έχει πρόσβαση στις χρονολογικές σειρές των σχετικών παραγόντων κινδύνου της περιόδου που επιθυμεί να εξετάσει. Τόσο η μέθοδος Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης, όσο και η μέθοδος Προσομοίωσης Monte Carlo εφαρμόζονται εύκολα υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχουν διαθέσιμα προγράμματα (λογισμικό) για ανάλυση των



οικονομικών προϊόντων που έχουν στα χαρτοφυλάκιά τους. Η εφαρμογή τους καθίσταται δύσκολη για νομίσματα και οικονομικά προϊόντα για τα οποία δεν υπάρχει διαθέσιμο λογισμικό. Σημειώνεται ότι ορισμένες φορές (σε περιπτώσεις μεγάλων χαρτοφυλακίων) ο χρόνος υπολογισμού με τη μέθοδο Προσομοίωσης Monte Carlo είναι μεγαλύτερος.

3) Ευκολία επεξήγησης αποτελεσμάτων στα διευθυντικά στελέχη. Η μέθοδος Ιστορικής Προσομοίωσης μπορεί να επεξηγηθεί σχετικά εύκολα στα διευθυντικά στελέχη. Αντιθέτως, οι άλλες δύο μέθοδοι είναι δύσκολο να επεξηγηθούν σε άτομα που δεν έχουν την τεχνική κατάρτιση (εκπαίδευση). Η μέθοδος Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης λόγω του ότι περιλαμβάνει μαθηματικούς/στατιστικούς όρους όπως η κανονική κατανομή, ο μέσος, η τυπική απόκλιση κ.ά., ενώ η μέθοδος Προσομοίωσης Monte Carlo λόγω της περιπλοκότητας στα βήματα επιλογής στατιστικής κατανομής και έπειτα της χρησιμοποίησης ψευδοτυχαίου δείγματος από την κατανομή.

4) Αξιοπιστία αποτελεσμάτων. Όλες οι μέθοδοι στηρίζονται σε ιστορικά δεδομένα. Παρ' όλα αυτά, λόγω του ότι η μέθοδος Ιστορικής Προσομοίωσης στηρίζεται άμεσα σε ιστορικά δεδομένα, ελλοχεύει ο κίνδυνος η εκτίμηση VaR μέσω αυτής της μεθόδου να οδηγήσει σε εσφαλμένα συμπεράσματα. Πιο συγκεκριμένα, αν χρησιμοποιήσουμε ένα σχετικά μεγάλο πρόσφατο δείγμα ιστορικών παρατηρήσεων όπου η μεταβλητότητα στους παράγοντες κινδύνου (π.χ. τιμές, επιτόκια) είναι χαμηλή, τότε η VaR που θα υπολογιστεί στηριζόμενη σ' αυτά τα δεδομένα θα υποτιμήσει τον κίνδυνο στο χαρτοφυλάκιο. Αντιθέτως, αν σ' αυτή την περίοδο εμφανίζεται έντονη μεταβλητότητα στους παράγοντες κινδύνου, τότε η εκτίμηση που θα έχουμε θα είναι υπερεκτιμημένη.

Όσον αφορά στις άλλες δύο μεθόδους, της Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης και της Προσομοίωσης Monte Carlo, εκεί ενδέχεται να παρουσιαστεί ένα άλλο πρόβλημα. Πιο συγκεκριμένα, ενδέχεται οι κατανομές τους να μην είναι επαρκώς αντιπροσωπευτικές των πραγματικών κατανομών των παραγόντων της αγοράς. Συνήθως, η πραγματική κατανομή των αλλαγών στους παράγοντες κινδύνου εμφανίζει πιο «παχιές ουρές» απ' ότι η κανονική κατανομή που ισχύει ως υπόθεση στη μέθοδο Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν περισσότερες παρατηρήσεις μακριά από τον μέσο απ' ότι προβλέπει η κανονική κατανομή. Στην περίπτωση της μεθόδου

Προσομοίωσης Monte Carlo, ο χρήστης χρειάζεται να επιλέξει ο ίδιος την στατιστική κατανομή που θα ακολουθούν οι παράγοντες της αγοράς. Συνεπώς, εγκυμονεί κι εδώ ο κίνδυνος του να κάνει μια λανθασμένη επιλογή κατανομής η οποία να μην προσεγγίζει επαρκώς την πραγματική κατανομή των παραγόντων της αγοράς.

5) Ευελιξία στην εισαγωγή εναλλακτικών υποθέσεων. Υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες ο χρήστης μπορεί εύλογα να θεωρεί ότι οι παράμετροι της κατανομής (τυπική απόκλιση, συσχέτιση) ενδεχομένως να μην αποτελούν καλούς εκτιμητές των μελλοντικών παραμέτρων. Για παράδειγμα, να υποψιάζεται πως η συσχέτιση μεταξύ αλλαγών σε συναλλαγματικές ισοτιμίες κάποιων νομισμάτων μπορεί να επηρεαστεί από εξωγενείς παράγοντες, οδηγώντας έτσι σε λανθασμένη εκτίμηση. Εδώ, εγείρεται (προκύπτει) το ερώτημα για το κατά πόσο θα μπορούσε να υπολογίσει την VaR σε ένα τέτοιο σενάριο του τύπου “what-if”. Στην περίπτωση της Ιστορικής Προσομοίωσης, που όπως προαναφέρθηκε στηρίζεται άμεσα στις ιστορικές αλλαγές των παραγόντων της αγοράς, δεν υπάρχει τρόπος για διενέργεια τέτοιου τύπου ανάλυσης. Αντιθέτως, στις περιπτώσεις των άλλων δύο μεθόδων (Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης και Προσομοίωσης Monte Carlo) μπορεί να διενεργηθεί εύκολα μια ανάλυση του τύπου “what-if” αφού ο χρήστης δύναται να αντικαταστήσει τους ιστορικούς εκτιμητές με ένα σύνολο παραμέτρων που θα επιλέξει ο ίδιος.

6) Κατανομές που ακολουθούν οι παράγοντες κινδύνου. Στην περίπτωση της μεθόδου Ιστορικής Προσομοίωσης δεν προαπαιτείται από τον χρήστη η οποιαδήποτε υπόθεση σχετικά με την κατανομή που ακολουθούν οι αλλαγές στους παράγοντες κινδύνου. Αντίθετα, στη μέθοδο Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης, ο χρήστης υποθέτει ότι οι παράγοντες κινδύνου ακολουθούν την κανονική κατανομή, ενώ στη μέθοδο Προσομοίωσης Monte Carlo ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ο ίδιος την κατανομή που κρίνει ότι απεικονίζει καλύτερα τις αλλαγές στους παράγοντες κινδύνου.

# Κεφάλαιο 6

## Μεθοδολογία

Έχοντας αναλύσει στο προηγούμενο κεφάλαιο τη VaR και τις κυριότερες μεθόδους υπολογισμού της (Ιστορικής Προσομοίωσης, Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης, Προσομοίωσης Monte Carlo), είναι ιδιαίτερα χρήσιμο να εξετάσουμε την εφαρμογή τους μέσα από μια μελέτη περίπτωσης (case study). Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από αυτή τη μελέτη, ελέγχονται για την εγκυρότητά τους, αν δηλαδή συγκλίνουν με αυτά που έχουν παρατηρηθεί στην πραγματικότητα, ενώ πραγματοποιείται και σύγκριση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την κάθε υπό αναφορά μέθοδο υπολογισμού της VaR, έτσι ώστε να διαπιστωθεί αν υπάρχουν αποκλίσεις.

### 6.1 Οι Τρεις Χρηματιστηριακοί Δείκτες

Στη συγκεκριμένη μελέτη, ο υπολογισμός της VaR γίνεται σε τρεις χρηματιστηριακούς δείκτες των ΗΠΑ, τον δείκτη NASDAQ Composite (^IXIC), τον δείκτη Dow Jones Industrial Average (^DJI) και τον δείκτη Russell 2000 (^RUT). Ακολουθούν λίγα λόγια για τους συγκεκριμένους δείκτες.

#### 6.1.1 NASDAQ Composite (^IXIC)

Ο δείκτης NASDAQ Composite περιλαμβάνει μια λίστα με περισσότερες από 3.000 εισηγμένες μετοχές στο Χρηματιστήριο “NASDAQ”. Κατά κύριο λόγο, αποτελείται από μετοχές τεχνολογικών εταιρειών, όπως για παράδειγμα της Apple, της Google, της Microsoft, της Amazon, της Intel κ.ά.

Η NASDAQ (National Association of Securities Dealers Automated Quotations) είναι μια ηλεκτρονική χρηματαγορά (ιδρύθηκε το 1971) στην οποία διενεργούνται αγοραπωλησίες χρεογράφων. Στη συγκεκριμένη χρηματαγορά, οι συναλλαγές γίνονται ηλεκτρονικά, δεν υπάρχει δηλαδή κάποιο «φυσικό» χρηματιστήριο. Γίνονται συναλλαγές εμπορευμάτων,

χρεωστικών παραγώγων, διαπραγματεύσιμων αμοιβαίων κεφαλαίων (exchange traded funds) και δομημένων προϊόντων.

### **6.1.2 Dow Jones Industrial Average(^DJI)**

Ο δείκτης Dow Jones Industrial Average, αλλιώς Dow 30, είναι ένα χρηματιστηριακός δείκτης που περιλαμβάνει 30 μεγάλες, δημόσιες, “blue-chip” εταιρείες που συναλλάσσονται στα χρηματιστήρια Νέας Υόρκης και NASDAQ. Ο όρος “blue-chip”, αναφέρεται σε αναγνωρισμένες εταιρείες οι οποίες γενικά πωλούν υψηλής ποιότητας, ευρέως αποδεκτά προϊόντα και υπηρεσίες. Οι μετοχές “blue-chip” εταιρειών, θεωρούνται σχετικά ασφαλείς επενδύσεις με αποδεδειγμένο ιστορικό επιτυχίας και σταθερή ανάπτυξη.

Ο δείκτης πήρε το όνομά του από τον Charles Dow, ο οποίος δημιούργησε τον δείκτη το 1896 μαζί με τον συνέταιρό του Edward Jones.

Ο συγκεκριμένος δείκτης αποτελείται από μετοχές γνωστών εταιρειών όπως η Visa Inc, η Goldman Sachs Group Inc, η Johnson & Johnson, η Procter & Gamble Co κ.ά.

### **6.1.3 Russell 2000 (^RUT)**

Ο δείκτης Russell 2000 δημιουργήθηκε το 1984 από την εταιρεία Frank Russell και αποτελείται από 2.000 εταιρείες μικρής κεφαλαιοποίησης. Συνήθως, χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς για τη μέτρηση της απόδοσης των αμοιβαίων κεφαλαίων μικρής κεφαλαιοποίησης, όπως αντίστοιχα χρησιμοποιείται ο δείκτης S&P 500 για εταιρείες μεγάλης κεφαλαιοποίησης.

Σε αντίθεση με τον δείκτη Dow Jones Industrial Average, ο δείκτης Russell 2000 σταθμίζεται από μετοχές σε κυκλοφορία. Αυτό σημαίνει πως τόσο η τελευταία τιμή πώλησης, όσο και ο αριθμός των μετοχών που είναι προς διαπραγμάτευση (αντί ολόκληρης της χρηματιστηριακής αξίας της εταιρείας) επηρεάζουν τον δείκτη.

Ορισμένες από τις εταιρείες που συνθέτουν τον δείκτη Russell 2000 είναι η Plug Power, η Novavax, η Sunrun, η Appian κ.ά.

([www.investopedia.com](http://www.investopedia.com)).

## 6.2 Επανάλεγχος (Backtesting)

Ο έλεγχος της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων που εξάχθηκαν από τα μοντέλα της VaR είναι πολύ σημαντικός. Γι' αυτό το λόγο, είναι απαραίτητο πάντα να επακολουθεί μια διαδικασία επικύρωσης των αποτελεσμάτων. Αυτή η διαδικασία μπορεί να γίνει μέσω διάφορων εργαλείων όπως το backtesting, τα stress tests και τις ανεξάρτητες αξιολογήσεις (Jorion, 2007).

Στην παρούσα μελέτη, ο συγκεκριμένος έλεγχος διενεργείται μέσω της διαδικασίας backtesting, ενός επίσημου στατιστικού πλαισίου που συνίσταται στην επαλήθευση ότι οι πραγματικές απώλειες συμφωνούν με αυτές που είχαν προβλεφθεί. Αυτό, προϋποθέτει συστηματική σύγκριση των προβλέψεων της VaR με τις σχετικές αποδόσεις του χαρτοφυλακίου.

Σύμφωνα με τον Best (1998), για ένα δεδομένο αριθμό ημερών, η απώλεια σε ένα χαρτοφυλάκιο συγκρίνεται με την εκτίμηση VaR της προηγούμενης ημέρας. Ο αριθμός των ημερών στις οποίες η απώλεια στο χαρτοφυλάκιο ξεπέρασε την εκτίμηση της VaR, είναι ο αριθμός των εξαιρέσεων. Ο αριθμός των εξαιρέσεων, λογικά, πρέπει να είναι κοντά στο προεπιλεγμένο επίπεδο εμπιστοσύνης. Για παράδειγμα, για 1.000 ημέρες, με 95% επίπεδο εμπιστοσύνης, ο αριθμός των εξαιρέσεων πρέπει να είναι περίπου 50.

Η επιτροπή της Βασιλείας για την εποπτεία των Τραπεζών, απαιτεί από τις Τράπεζες που εφαρμόζουν τη μέθοδο VaR να είναι σε θέση να εφαρμόσουν και τους σχετικούς τύπους backtesting για τον απαραίτητο έλεγχο.

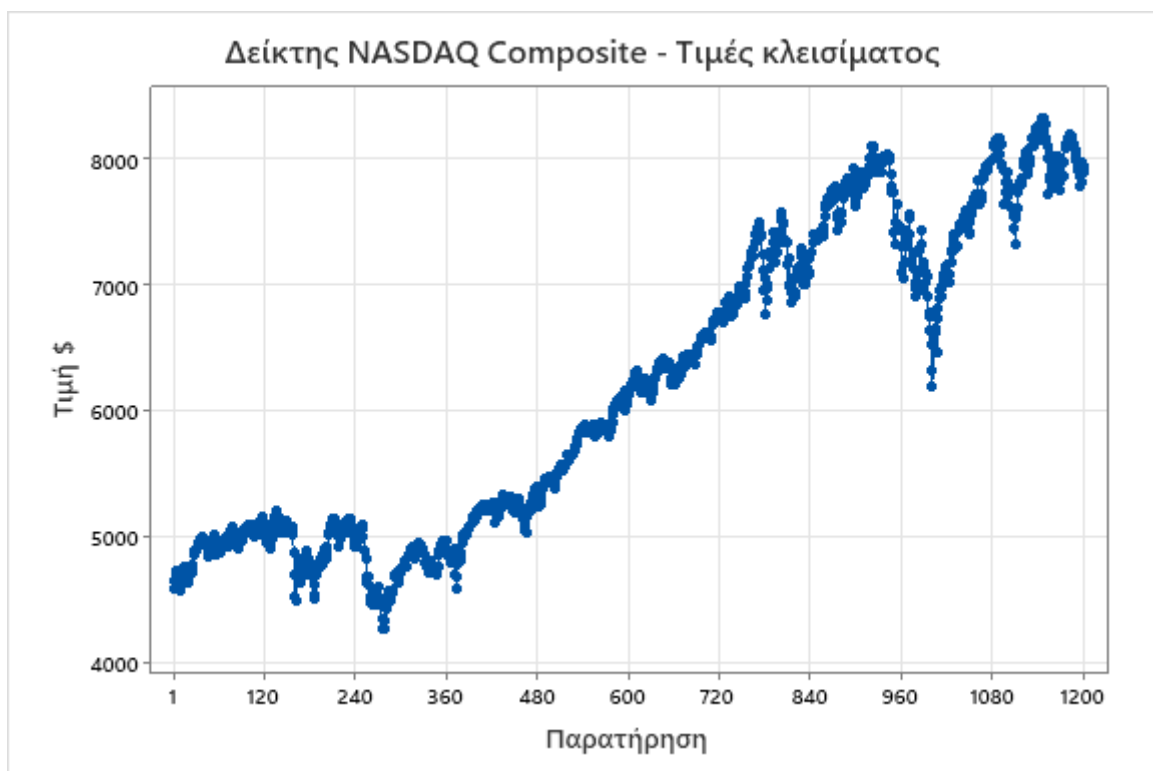
## 6.3 Δεδομένα

Μέσα από την ιστοσελίδα [finance.yahoo.com](https://finance.yahoo.com) αντλήθηκαν τα ιστορικά δεδομένα για τους δείκτες NASDAQ Composite (^IXIC), Dow Jones Industrial Average (^DJI) και Russell 2000 (^RUT) για την περίοδο 05/01/2015 – 10/10/2019. Πρόκειται για 1.200 ημερήσιες παρατηρήσεις, εκ των οποίων οι 1.000 πρώτες (05/01/2015 – 24/12/2018) αφορούν στον υπολογισμό της VaR και οι επόμενες 200 (26/12/2018 – 10/10/2019) αφορούν στον επανέλεγχο (backtesting). Έπειτα, η επεξεργασία των δεδομένων έγινε στο στατιστικό πρόγραμμα Minitab.

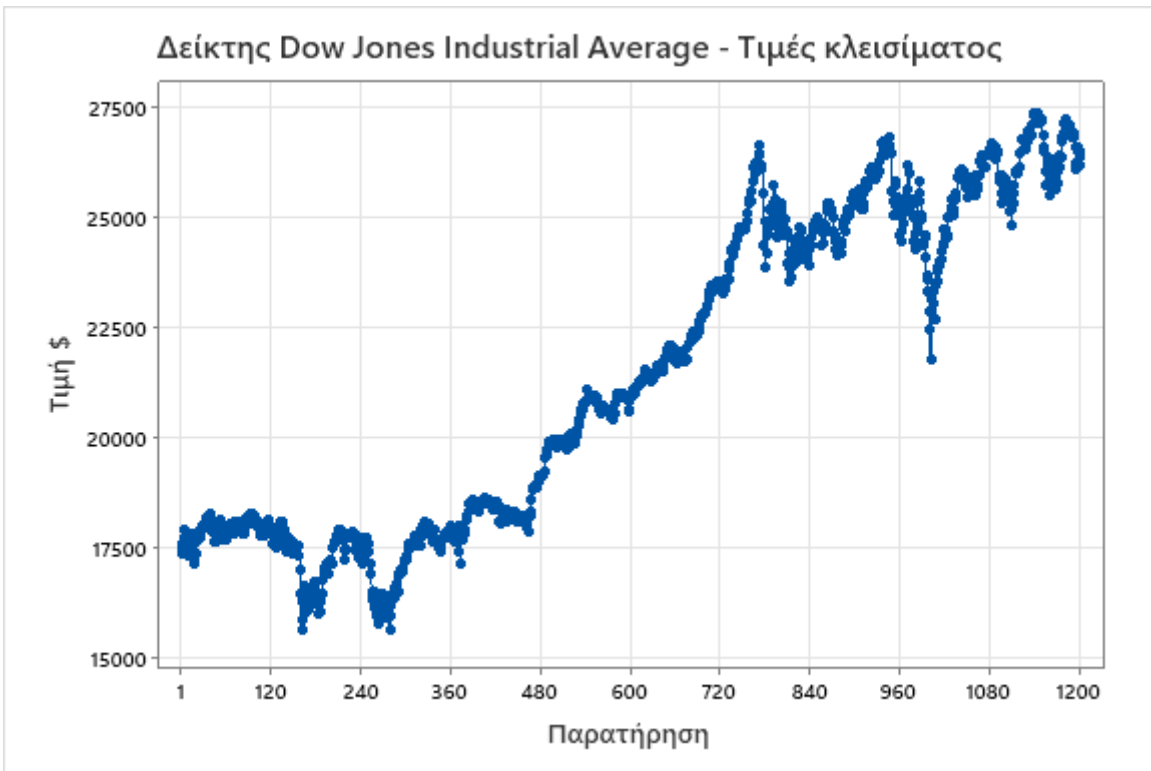
# Κεφάλαιο 7

## Εμπειρική Εφαρμογή - Αποτελέσματα

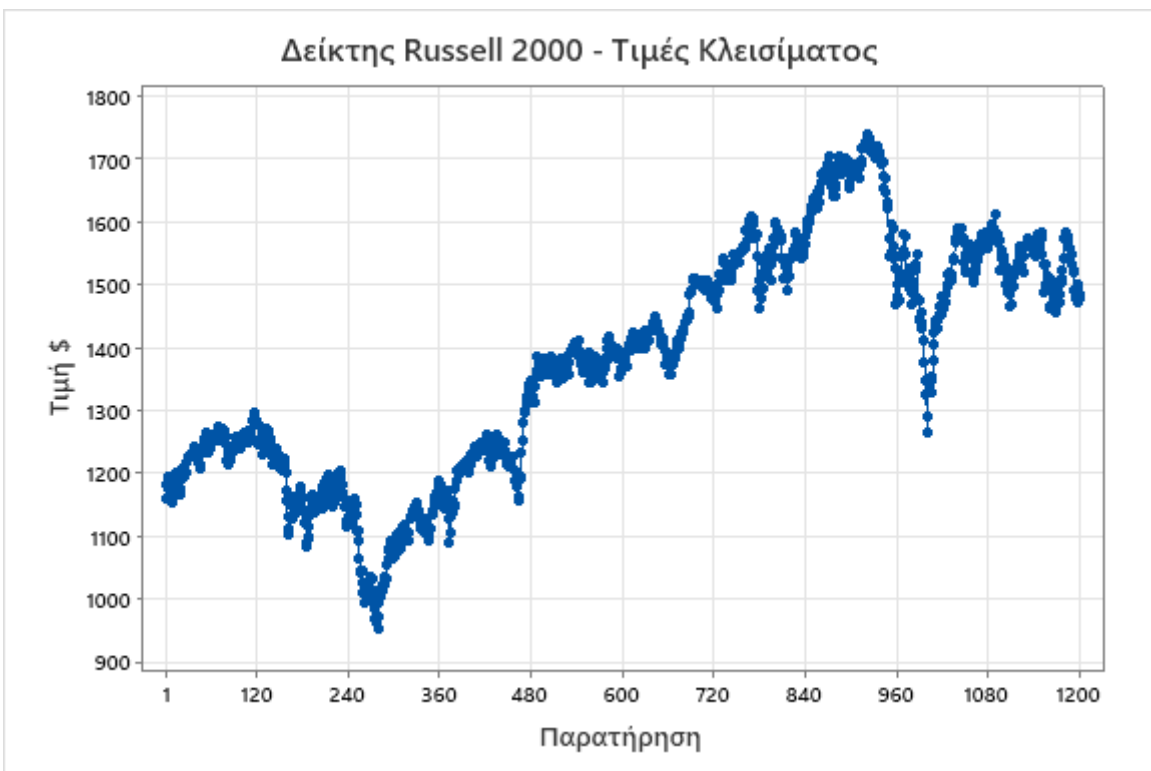
Στα πιο κάτω γραφήματα (βλ. Διαγράμματα 4,5,6) παρουσιάζονται οι τιμές κλεισίματος των δεικτών για την περίοδο 05/01/2015 – 10/10/2019. Μέσα από αυτά φαίνεται ξεκάθαρα πως οι τιμές των εν λόγω δεικτών σημείωσαν ραγδαία αύξηση από τον Ιανουάριο του 2015 μέχρι τον Οκτώβριο του 2019 (την περίοδο δηλαδή των δεδομένων μας). Η αύξηση αυτή οφείλεται ασφαλώς στα κέρδη που σημείωσαν τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο αρκετές από τις εταιρείες που απαρτίζουν τους υπό αναφορά δείκτες.



**Διάγραμμα 4.** Τιμές Κλεισίματος “NASDAQ Composite” 05/01/2015 – 10/10/2019



**Διάγραμμα 5.** Τιμές Κλεισίματος “Dow Jones Industrial Average” 05/01/2015 – 10/10/2019



**Διάγραμμα 6.** Τιμές Κλεισίματος “Russell 2000” 05/01/2015 – 10/10/2019

Προτού προχωρήσουμε στον υπολογισμό της VaR με την κάθε μέθοδο ξεχωριστά, χρειάζεται να υπολογιστούν οι ημερήσιες αποδόσεις (μεταβολή στις ημερήσιες τιμές του Δείκτη) και οι κύριες παράμετροι, δηλαδή, η μέση τιμή τους και τυπική τους απόκλιση.

Για τον υπολογισμό των ημερήσιων αποδόσεων χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

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

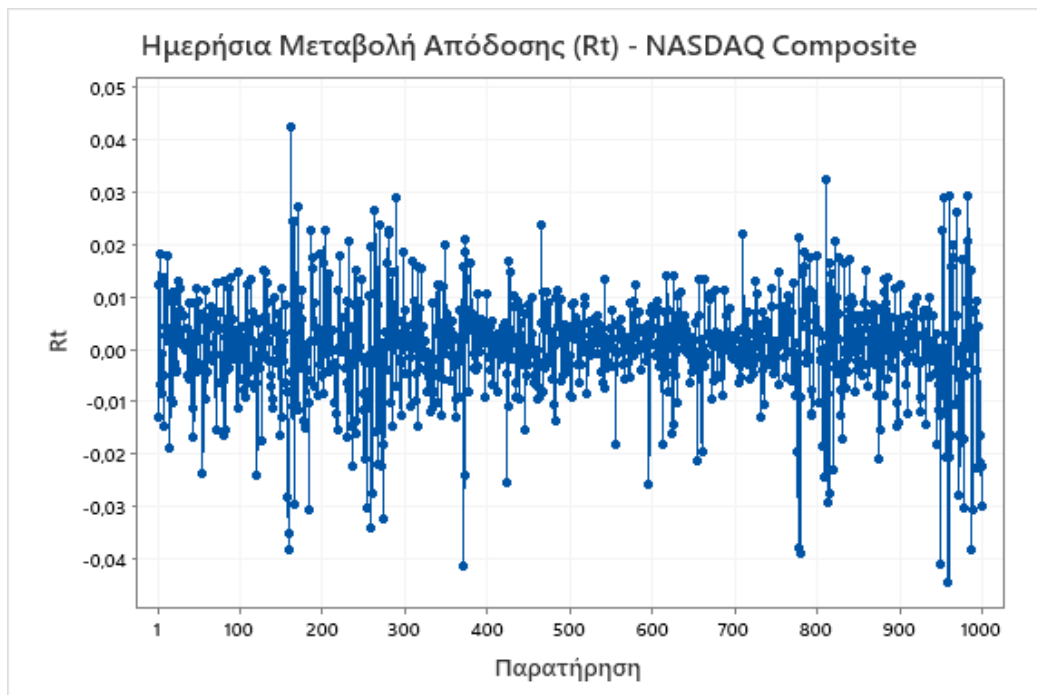
Όπου:

$R_t$  = ημερήσια απόδοση

$P_t$  = τιμή κλεισίματος ημέρας ( $t$ )

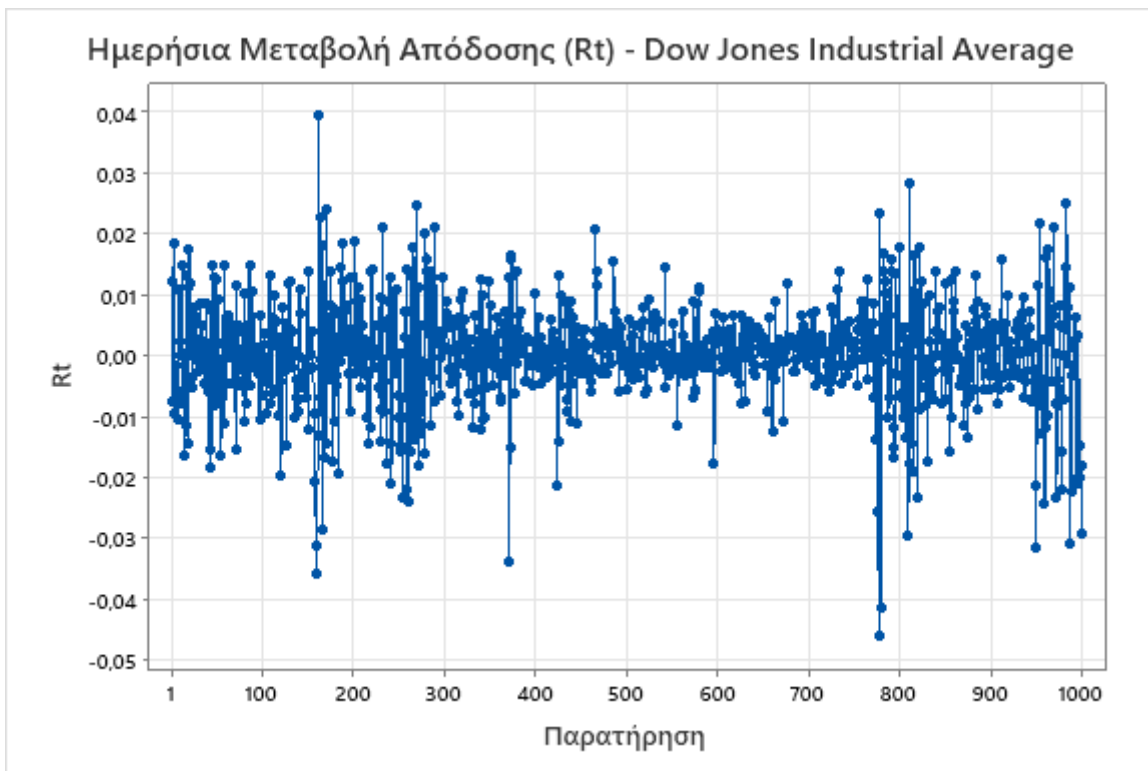
$P_{t-1}$  = τιμή κλεισίματος προηγούμενης ημέρας ( $t - 1$ )

Συνολικά, βάσει και του δείγματος (παράθυρο παρατήρησης) που έχουμε επιλέξει, έχουμε τις 1.000 πρώτες παρατηρήσεις (βλ. Διαγράμματα 7,8,9) που αφορούν στην μεταβολή της ημερήσιας απόδοσης των Δεικτών και θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της VaR με τις τρεις μεθόδους και ακόμη 200 παρατηρήσεις που θα χρησιμοποιηθούν για τον επανέλεγχο. Όσον αφορά στις άλλες παραμέτρους, σχετικά με τον χρονικό ορίζοντα έγινε επιλογή της 1 ημέρας, ενώ ο έλεγχος θα γίνει σε επίπεδα εμπιστοσύνης 90%, 95% και 99%. Στο παράδειγμα αυτό το χαρτοφυλάκιο αποτελείται από ένα περιουσιακό στοιχείο και το ποσό της επένδυσης (θέσης) είναι \$10.000.000.

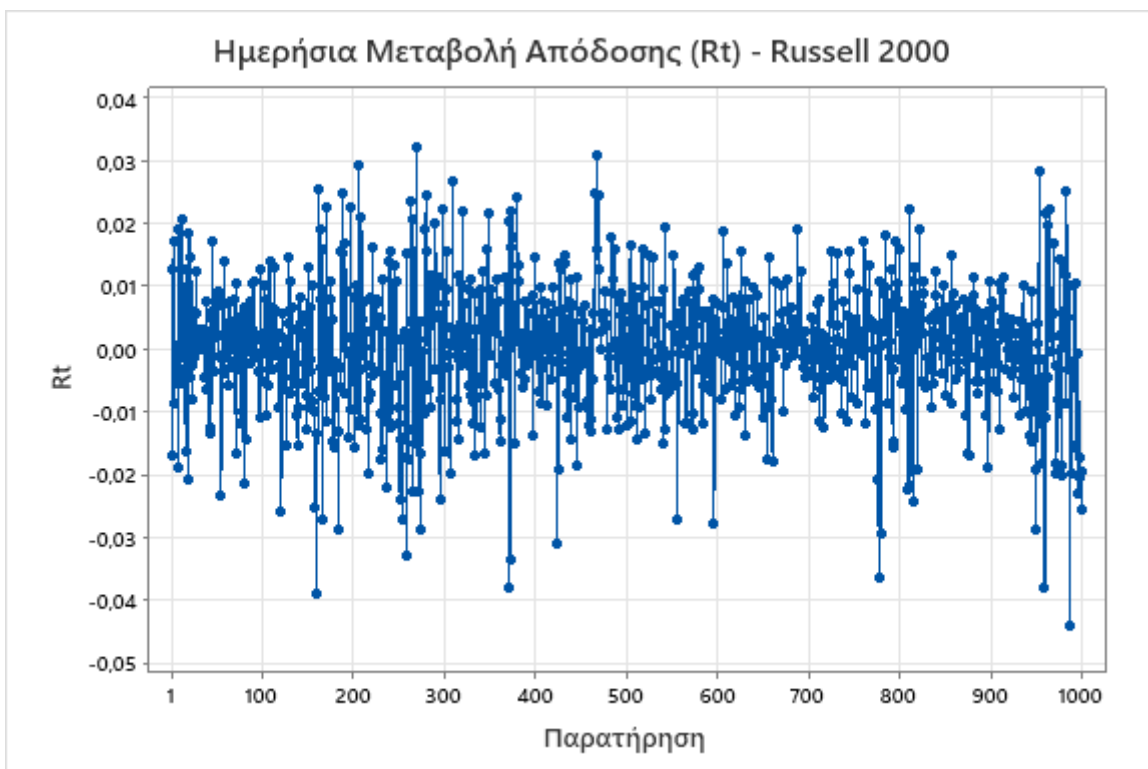


**Διάγραμμα 7.** Ημερήσιες αποδόσεις δείκτη “NASDAQ Composite” 05/01/2015 – 24/12/2018





**Διάγραμμα 8.** Ημερήσιες αποδόσεις δείκτη “Dow Jones Industrial Average” 05/01/2015 – 24/12/2018



**Διάγραμμα 9.** Ημερήσιες αποδόσεις δείκτη “Russell 2000” 05/01/2015 – 24/12/2018

Στον Πίνακα 5 πιο κάτω παρουσιάζεται ο υπολογισμός της μέσης τιμής (mean) και της τυπικής απόκλισης (standard deviation) των πρώτων 1.000 παρατηρήσεων (αποδόσεων) στο πρόγραμμα Minitab (Stat⇒Basic Statistics⇒Display Descriptive Statistics).

Δείκτης	Variable	Total Count	Mean	StDev
NASDAQ Composite	Rt	1000	0,000337	0,010128
Dow Jones Industrial Average	Rt	1000	0,000256	0,008541
Russell 2000	Rt	1000	0,000123	0,010262

**Πίνακας 5.** Μέση τιμή (mean) και τυπική απόκλιση (standard deviation) των πρώτων 1.000 παρατηρήσεων (αποδόσεων) για κάθε δείκτη.

## 7.1 Υπολογισμός VaR με τη Μέθοδο Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης (Variance – Covariance)

$$VaR_{1-\alpha} = P \times \sigma \times Z_{\alpha}$$

Όπου:

$VaR_{1-\alpha}$  = υπολογισμένη VaR σε επίπεδο εμπιστοσύνης  $100 \times (1 - \alpha)\%$

$P$  = αξία χαρτοφυλακίου σε \$

$\sigma$  = τυπική απόκλιση αποδόσεων

$Z_{\alpha}$  = ποσοστμόριο κανονικής κατανομής σε συγκεκριμένο επίπεδο εμπιστοσύνης

Στη συγκεκριμένη μέθοδο υποθέτουμε ότι οι παρατηρήσεις (αποδόσεις) ακολουθούν την κανονική κατανομή. Κανονική κατανομή έχουμε όταν υπάρχει μεγάλη πιθανότητα η οποιαδήποτε παρατήρηση σχηματίζει το συνολικό δείγμα, να έχει τιμή που να είναι κοντά στον μέσο και μικρή πιθανότητα να έχει τιμή μακριά από τον μέσο.

Ποσοστμόρια κανονικής κατανομής για επίπεδα εμπιστοσύνης 90%, 95% και 99%:

**Normal with mean = 0 and standard deviation = 1**

P(X ≤ x)	x
0,9	-1,28155

**Πίνακας 6.** Ποσοστμόριο – Επίπεδο εμπιστοσύνης 90%.

**Normal with mean = 0 and standard deviation = 1**

$P(X \leq x)$	$x$
0,95	-1,64485

**Πίνακας 7.** Ποσοστιμόριο – Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

**Normal with mean = 0 and standard deviation = 1**

$P(X \leq x)$	$x$
0,99	-2,32635

**Πίνακας 8.** Ποσοστιμόριο – Επίπεδο εμπιστοσύνης 99%.

Χρησιμοποιώντας τον πιο πάνω τύπο για υπολογισμό της VaR με τη μέθοδο Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης (Variance – Covariance) προκύπτουν τα πιο κάτω αποτελέσματα:

Δείκτης	Επίπεδο Εμπιστοσύνης	$Z_\alpha$	$\sigma$	P	VaRi
NASDAQ Composite	$VaR_{90\%}$	-1,28155	0,010128	\$10.000.000	-\$129.795
	$VaR_{95\%}$	-1,64485	0,010128	\$10.000.000	-\$166.590
	$VaR_{99\%}$	-2,32635	0,010128	\$10.000.000	-\$235.613
Dow Jones Industrial Average	$VaR_{90\%}$	-1,28155	0,008541	\$10.000.000	-\$109.457
	$VaR_{95\%}$	-1,64485	0,008541	\$10.000.000	-\$140.487
	$VaR_{99\%}$	-2,32635	0,008541	\$10.000.000	-\$198.594
Russell 2000	$VaR_{90\%}$	-1,28155	0,010262	\$10.000.000	-\$131.513
	$VaR_{95\%}$	-1,64485	0,010262	\$10.000.000	-\$168.795
	$VaR_{99\%}$	-2,32635	0,010262	\$10.000.000	-\$238.730

**Πίνακας 9.** Αποτελέσματα VaR – Μέθοδος Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης.

Παρατηρούμε πως οι ημερήσιες VaR (90%) είναι -\$129.795 για το δείκτη “NASDAQ Composite”, -\$109.457 για το δείκτη “Dow Jones Industrial Average” και -\$131.513 για το δείκτη “Russell 2000”. Συνεπώς, σύμφωνα με αυτή την εκτίμηση, με 90% πιθανότητα, η μέγιστη ημερήσια απώλεια που μπορεί να υποστεί κανείς επενδύοντας \$10.000.000 σε κάποια από τις συγκεκριμένες μετοχές (δείκτες) δεν θα ξεπερνά το ποσό των \$129.795, \$109.457 και \$131.513 αντίστοιχα για την κάθε μετοχή. Εντούτοις, δεν πρέπει ο επενδυτής να αγνοεί πως υπάρχει πιθανότητα 10% η ημερήσια απώλεια να είναι μεγαλύτερη αυτών των ποσών.

Αντίστοιχα, η ημερήσια VaR (95%) είναι -\$166.590 για το δείκτη “NASDAQ Composite”, -\$140.487 για το δείκτη “Dow Jones Industrial Average” και -\$168.795 για το δείκτη “Russell 2000”. Άρα, με 95% πιθανότητα, η μέγιστη ενδεχόμενη απώλεια σε χρονικό

ορίζοντα μιας μέρας είναι \$166.590, \$140.487 και \$168.795 αντίστοιχα για την κάθε μετοχή. Υπάρχει ένα ποσοστό 5% η ημερήσια ζημιά να είναι πέραν αυτών των ποσών.

Τέλος, η ημερήσια VaR (99%) είναι -\$235.613 για το δείκτη “NASDAQ Composite”, -\$198.594 για το δείκτη “Dow Jones Industrial Average” και -\$238.730 για το δείκτη “Russell 2000”. Σε αυτή την περίπτωση, με πιθανότητα 99%, η μεγαλύτερη ημερήσια οικονομική απώλεια που μπορεί να έχει κάποιος που έχει επενδύσει \$10.000.000 σε μία από αυτές τις μετοχές (δείκτες) μπορεί να είναι \$235.613, \$198.594 και \$238.730 αντίστοιχα για την κάθε μετοχή. Η πιθανότητα να ξεπεραστεί αυτό το ποσό είναι 1%.

Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι εάν ο χρήστης το επιθυμεί, δύναται να μετατρέψει την τυπική απόκλιση σε εβδομαδιαία, μηνιαία, ετήσια κλπ., έτσι ώστε να μπορεί να υπολογίσει και την αντίστοιχη VaR. Η τυπική απόκλιση των αποδόσεων των μετοχών τείνει να αυξάνεται με την τετραγωνική ρίζα του χρόνου. Αν για παράδειγμα η τυπική απόκλιση των ημερήσιων αποδόσεων είναι 1% και δεδομένου ότι υπάρχουν 20 ημέρες συναλλαγής σε ένα μήνα (T=20), τότε η τυπική απόκλιση παρουσιάζεται ως ακολούθως:

$$\sigma_{\text{Μηνιαία}} \cong \sigma_{\text{Ημερήσια}} \times \sqrt{T} \cong 1\% \times \sqrt{20} \cong 0,045$$

Ομοίως, αν επιθυμεί κανείς να μετατρέψει την ημερήσια VaR σε ετήσια, τότε θα πρέπει να πολλαπλασιάσει την ημερήσια τυπική απόκλιση με την τετραγωνική ρίζα του 250 (αν υποθέσουμε ότι ένας χρόνος έχει 250 ημέρες συναλλαγής). Εάν κάποιος έχει υπολογίσει τη μηνιαία τυπική απόκλιση (χρησιμοποιώντας τις μηνιαίες αποδόσεις), τότε για να τη μετατρέψει σε ετήσια πρέπει να πολλαπλασιάσει τη μηνιαία τυπική απόκλιση με την τετραγωνική ρίζα του 12.

Συνεπώς, εάν ενσωματωθεί το στοιχείο μετατροπής του χρόνου, η VaR υπολογίζεται ως πιο κάτω:

Επίπεδο Εμπιστοσύνης	Μέγιστη Ζημιά (VaR) - Ως συνάρτηση της τυπικής απόκλισης ( $\sigma$ ) και του χρόνου (T)
90%	$-1,28 \times \sigma \times \sqrt{T}$
95%	$-1,65 \times \sigma \times \sqrt{T}$
99%	$-2,33 \times \sigma \times \sqrt{T}$

## 7.2 Υπολογισμός VaR με τη Μέθοδο Ιστορικής Προσομοίωσης (Historical Simulation)

Για τον υπολογισμό της VaR με τη συγκεκριμένη μέθοδο χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση **Percentile** στο Minitab όπου συμπεριλήφθηκαν οι 1.000 ημερήσιες παρατηρήσεις (αποδόσεις  $R_t$ ) σε επίπεδα εμπιστοσύνης 90%, 95% και 99%. Στον πιο κάτω πίνακα τα αποτελέσματα που έχουν εξαχθεί.

Δείκτης	Επίπεδο Εμπιστοσύνης	$R_t$	P	VaR <sub>i</sub>	
NASDAQ Composite	$VaR_{90\%}$	90%	-0,01113	\$10.000.000	-\$111.259
	$VaR_{95\%}$	95%	-0,01752	\$10.000.000	-\$175.227
	$VaR_{99\%}$	99%	-0,03245	\$10.000.000	-\$324.488
Dow Jones Industrial Average	$VaR_{90\%}$	90%	-0,00978	\$10.000.000	-\$97.814
	$VaR_{95\%}$	95%	-0,01497	\$10.000.000	-\$149.660
	$VaR_{99\%}$	99%	-0,02839	\$10.000.000	-\$283.872
Russell 2000	$VaR_{90\%}$	90%	-0,01274	\$10.000.000	-\$127.445
	$VaR_{95\%}$	95%	-0,01777	\$10.000.000	-\$177.708
	$VaR_{99\%}$	99%	-0,02874	\$10.000.000	-\$287.444

**Πίνακας 10.** Αποτελέσματα VaR – Μέθοδος Ιστορικής Προσομοίωσης.

Βάσει του πιο πάνω πίνακα, παρατηρούμε πως η VaR (90%) είναι -\$111.259 για το δείκτη “NASDAQ Composite”, -\$97.814 για το δείκτη “Dow Jones Industrial Average” και -\$127.445 για το δείκτη “Russell 2000”. Αυτό σημαίνει πως για κάποιον που έχει επενδύσει \$10.000.000 σε κάποια από τις συγκεκριμένες μετοχές, η μέγιστη οικονομική απώλεια που μπορεί να έχει σε μια μέρα, με πιθανότητα 90%, είναι \$111.259, \$97.814 και \$127.445 αντίστοιχα για την κάθε μετοχή. Υπάρχει πιθανότητα 10% η ημερήσια απώλεια να είναι μεγαλύτερη απ’ αυτά τα ποσά.

Για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, δηλαδή VaR (95%), το ποσό που έχει εξαχθεί είναι -\$175.227 για το δείκτη “NASDAQ Composite”, -\$149.660 για το δείκτη “Dow Jones Industrial Average” και -\$177.708 για το δείκτη “Russell 2000”. Συνεπάγεται ότι με ποσοστό πιθανότητας 95% η μεγαλύτερη οικονομική απώλεια, σε χρονικό ορίζοντα μιας μέρας, δεν θα ξεπερνά τις \$175.227, \$149.660 και \$177.708 αντίστοιχα για την κάθε μετοχή ή αλλιώς υπάρχει 5% πιθανότητα η ημερήσια απώλεια να είναι πέραν των συγκεκριμένων ποσών.

Αντίστοιχα, για τη VaR (99%) το ποσό ανήλθε στις -\$324.488 για το δείκτη “NASDAQ Composite”, -\$283.872 για το δείκτη “Dow Jones Industrial Average” και -\$287.444 για το δείκτη “Russell 2000”. Δηλαδή, σε επένδυση \$10.000.000, η μεγαλύτερη οικονομική απώλεια εντός μιας μέρας, με ποσοστό 99%, είναι \$324.488, \$283.872 και \$287.444 αντίστοιχα για την κάθε μετοχή ή αλλιώς υπάρχει 1% πιθανότητα η ημερήσια απώλεια να είναι πέραν των συγκεκριμένων ποσών.

### **Τρόπος υπολογισμού της VaR με τη μέθοδο Ιστορικής Προσομοίωσης**

1. Ταξινόμηση των 1.000 παρατηρήσεων των αποδόσεων κατά φθίνουσα σειρά.
2. Για τον υπολογισμό της VaR (90%) παίρνουμε την 100<sup>η</sup> παρατήρηση από το τέλος που αντιστοιχεί στο 10% των 1.000 παρατηρήσεων του δείγματος.
3. Για τον υπολογισμό της VaR (95%) παίρνουμε την 50<sup>η</sup> παρατήρηση από το τέλος που αντιστοιχεί στο 5% των 1.000 παρατηρήσεων του δείγματος.
4. Για τον υπολογισμό της VaR (99%) παίρνουμε την 10<sup>η</sup> παρατήρηση από το τέλος που αντιστοιχεί στο 1% των 1.000 παρατηρήσεων του δείγματος.

## **7.3 Υπολογισμός VaR με τη Μέθοδο Προσομοίωσης Monte Carlo (Monte Carlo Simulation)**

Για τον υπολογισμό της VaR με τη μέθοδο Προσομοίωσης Monte Carlo χρειάζεται αρχικά να γίνει η επιλογή ενός συγκεκριμένου στοχαστικού μοντέλου το οποίο θα σκιαγραφεί τη συμπεριφορά των τιμών. Ένα αρκετά διαδεδομένο μοντέλο, το οποίο αποτελεί το θεμέλιο της θεωρίας αποτίμησης των δικαιωμάτων προαίρεσης (μοντέλο Black-Scholes) είναι το Geometric Brownian Motion (GBM). Βάσει του GBM, οι αλλαγές στην τιμή του περιουσιακού στοιχείου δεν συσχετίζονται στο χρόνο και οι μικρές διακυμάνσεις στις τιμές μπορούν να αποτυπωθούν με τον ακόλουθο τύπο:

$$R_t = \frac{S_t - S_{t-1}}{S_{t-1}} = \mu\Delta t + \sigma\varepsilon\sqrt{\Delta t}$$

Πηγή: Jorion (2007, σ.310) (Μοντέλο Geometric Brownian Motion).

Όπου:

$S_t$  = τιμή κλεισίματος της μετοχής (Δείκτη) την ημέρα  $t$

$S_{t-1}$  = τιμή κλεισίματος της μετοχής (Δείκτη) την ημέρα  $t - 1$

$\mu$  = μέση τιμή αποδόσεων της μετοχής (Δείκτη)(1.000 παρατηρήσεις)

$\Delta t =$  αλλαγή στο χρόνο, ημερήσια

$\sigma =$  τυπική απόκλιση των αποδόσεων της μετοχής (Δείκτη)

$\varepsilon =$  τυχαίος αριθμός επιλεγμένος από την κανονική κατανομή με μέσο 0 και διακύμανση 1

Η πιο πάνω διαδικασία είναι *brownian* υπό την έννοια ότι η διακύμανσή του μειώνεται συνεχώς με τη μεταβλητή του χρόνου. Παράλληλα, όμως, είναι και *γεωμετρική* λόγω του ότι όλες οι παράμετροι σταθμίζονται από την τρέχουσα τιμή  $S_t$  (Jorion, 2007).

Βήματα που ακολουθήθηκαν:

1. Δημιουργία 1.000 τυχαίων αριθμών από την κανονική κατανομή  $[N(0,1)]$
2. Χρησιμοποίηση του μέσου όρου και της τυπικής απόκλισης των 1.000 αρχικών αποδόσεων στον τύπο:

$$R_t = \mu\Delta t + \sigma\varepsilon\sqrt{\Delta t}$$

Όπου  $\Delta t=1$

3. Δημιουργία 1.000 νέων παρατηρήσεων για τις αποδόσεις της μετοχής που ακολουθούν πλέον την κανονική κατανομή.
4. Ταξινόμηση των 1.000 νέων παρατηρήσεων που δημιουργήθηκαν με τη μέθοδο Monte Carlo σε φθίνουσα σειρά.
5. Για τον υπολογισμό της VaR (90%) παίρνουμε την 100<sup>η</sup> παρατήρηση από το τέλος που αντιστοιχεί στο 10% των 1.000 παρατηρήσεων του δείγματος.
6. Για τον υπολογισμό της VaR (95%) παίρνουμε την 50<sup>η</sup> παρατήρηση από το τέλος που αντιστοιχεί στο 5% των 1.000 παρατηρήσεων του δείγματος.
7. Για τον υπολογισμό της VaR (99%) παίρνουμε την 10<sup>η</sup> παρατήρηση από το τέλος που αντιστοιχεί στο 1% των 1.000 παρατηρήσεων του δείγματος.

Όπως βλέπουμε στα αποτελέσματα που έχουμε εξάγει (βλ. Πίνακας 11), η VaR (90%) είναι -\$130.923 για το δείκτη "NASDAQ Composite", -\$104.989 για το δείκτη "Dow Jones Industrial Average" και -\$129.786 για το δείκτη "Russell 2000". Αυτό σημαίνει πως με 90% πιθανότητα, η μέγιστη πιθανή απώλεια που μπορεί να προκύψει σε μια μέρα σε χαρτοφυλάκιο που περιλαμβάνει ένα από τους συγκεκριμένους δείκτες είναι \$130.923, \$104.989 και \$129.786 αντίστοιχα για την κάθε μετοχή (δείκτη), ενώ υπάρχει πιθανότητα 10% η ζημιά να ξεπεράσει αυτά τα ποσά. Όσον αφορά στη VaR (95%), αυτή είναι -

\$162.203 για το δείκτη “NASDAQ Composite”, -\$140.538 για το δείκτη “Dow Jones Industrial Average” και -\$166.815 για το δείκτη “Russell 2000”. Συνεπώς, με 95% πιθανότητα, η μέγιστη ημερήσια απώλεια μπορεί να ανέλθει μέχρι των ποσών των \$162.203, \$140.538 και

Δείκτης	Επίπεδο Εμπιστοσύνης	$R_t$	P	VaRi	
NASDAQ Composite	$VaR_{90\%}$	90%	-0,01309	\$10.000.000	-\$130.923
	$VaR_{95\%}$	95%	-0,01622	\$10.000.000	-\$162.203
	$VaR_{99\%}$	99%	-0,02319	\$10.000.000	-\$231.850
Dow Jones Industrial Average	$VaR_{90\%}$	90%	-0,01050	\$10.000.000	-\$104.989
	$VaR_{95\%}$	95%	-0,01405	\$10.000.000	-\$140.538
	$VaR_{99\%}$	99%	-0,01910	\$10.000.000	-\$191.000
Russell 2000	$VaR_{90\%}$	90%	-0,01298	\$10.000.000	-\$129.786
	$VaR_{95\%}$	95%	-0,01668	\$10.000.000	-\$166.815
	$VaR_{99\%}$	99%	-0,02224	\$10.000.000	-\$222.388

**Πίνακας 11.** Αποτελέσματα VaR – Μέθοδος Προσομοίωσης Monte Carlo.

\$166.815 αντίστοιχα για την κάθε μετοχή ή αλλιώς, με 5% πιθανότητα η ημερήσια απώλεια μπορεί να ξεπεράσει αυτά τα ποσά. Τέλος, η VaR (99%) είναι -\$231.850 για το δείκτη “NASDAQ Composite”, -\$191.000 για το δείκτη “Dow Jones Industrial Average” και -\$222.388 για το δείκτη “Russell 2000”. Άρα, με ποσοστό 99%, η μεγαλύτερη απώλεια που ενδέχεται να εμφανιστεί σε χαρτοφυλάκιο που περιλαμβάνει μια απ’ αυτές τις μετοχές, σε χρονικό ορίζοντα μιας ημέρας είναι \$231.850, \$191.000 και \$222.388 αντίστοιχα για την κάθε μετοχή. Η πιθανότητα η οικονομική απώλεια να ξεπεράσει τα συγκεκριμένα ποσά είναι 1%.

## 7.4 Συσσωρευτικά Αποτελέσματα – Σύγκριση

### Αποτελεσμάτων Των Τριών Μεθόδων

Στον πιο κάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της VaR ανά δείκτη και στις τρεις μεθόδους που χρησιμοποιήσαμε για χρονικό ορίζοντα μίας ημέρας και για επίπεδα εμπιστοσύνης 90%, 95% και 99%. Όπως είναι φυσιολογικό, όσο αυξάνεται το επίπεδο εμπιστοσύνης, τόσο αυξάνεται και το ποσό της ζημιάς που δίνει η VaR. Μια πρώτη παρατήρηση είναι πως τα αποτελέσματα στις μεθόδους Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης και Προσομοίωσης Monte Carlo δεν έχουν τόσο σημαντικές διαφορές. Και στις δύο περιπτώσεις οι αποδόσεις ακολουθούν την κανονική κατανομή.



Δείκτης	Επίπεδο Εμπιστοσύνης	Διακύμανση - Συνδιακύμανση		Ιστορική	Προσομοίωση
		VaRi	VaRi	VaRi	Monte Carlo VaRi
NASDAQ Composite	VaR <sub>90%</sub>	90%	-\$129.795	-\$111.259	-\$130.923
	VaR <sub>95%</sub>	95%	-\$166.590	-\$175.227	-\$162.203
	VaR <sub>99%</sub>	99%	-\$235.613	-\$324.488	-\$231.850
Dow Jones Industrial Average	VaR <sub>90%</sub>	90%	-\$109.457	-\$97.814	-\$104.989
	VaR <sub>95%</sub>	95%	-\$140.487	-\$149.660	-\$140.538
	VaR <sub>99%</sub>	99%	-\$198.694	-\$283.872	-\$191.000
Russell 2000	VaR <sub>90%</sub>	90%	-\$131.513	-\$127.445	-\$129.786
	VaR <sub>95%</sub>	95%	-\$168.795	-\$177.708	-\$166.815
	VaR <sub>99%</sub>	99%	-\$238.730	-\$287.444	-\$222.388

**Πίνακας 12.** Συσσωρευτικά αποτελέσματα VaR.

Αντιθέτως, τα αποτελέσματα στη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης φαίνεται να αποκλίνουν από τις άλλες δύο μεθόδους. Πιο συγκεκριμένα, σε επίπεδο εμπιστοσύνης 90% η μέθοδος της Ιστορικής Προσομοίωσης μας δίνει χαμηλότερη VaR από τις άλλες μεθόδους, ενώ σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% μας δίνει αισθητά υψηλότερη VaR.

Όπως προαναφέρθηκε, στη συγκεκριμένη ενότητα (κεφάλαιο) για τον επανέλεγχο χρησιμοποιήθηκαν οι τελευταίες 200 παρατηρήσεις από το δείγμα μας (26/12/2018 – 10/10/2019).

## 7.5 Επανάλεγχος (Backtesting) – Έλεγχος Εγκυρότητας Αποτελεσμάτων

### 7.5.1 Βήματα Για Επανάλεγχο

1. Υπολογισμός των ημερήσιων αποδόσεων των τελευταίων 200 παρατηρήσεων του δείγματός μας με τον τύπο:

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

2. Προκύπτουν 200 παρατηρήσεις (αποδόσεις) οι οποίες πολλαπλασιάζονται η κάθε μια με το ποσό της επένδυσης (\$10.000.000) για να έχουμε 200 ποσά.
3. Συγκρίνονται τα πιο πάνω ποσά με τα ποσά που έχουμε εξάγει μέσω της VaR ανά μέθοδο στα τρία επίπεδα εμπιστοσύνης 90%, 95% και 99%, έτσι ώστε να δούμε πόσες φορές έχει ξεπεραστεί το ποσό της εκτιμημένης VaR.

## 7.5.2 Αποτελέσματα Επανελέγχου – Διαφορά Στη Συνολική Ζημιά Ανά Μέθοδο

Στους πιο κάτω πίνακες βλέπουμε τόσο το πόσες φορές οι πραγματικές ημερήσιες απώλειες ξεπέρασαν τη VaR, όσο και τη διαφορά στη συνολική ζημιά ανά μέθοδο, ξεχωριστά για τον κάθε δείκτη.

Δείκτης	Φορές που ξεπεράστηκε το ποσό της VaR			
	Επίπεδο Εμπιστοσύνης	Διακύμανση – Συνδιακύμανση	Ιστορική Προσομοίωση	Προσομοίωση Monte Carlo
NASDAQ Composite	VaR <sub>90%</sub> 90%	17	24	17
	VaR <sub>95%</sub> 95%	8	8	9
	VaR <sub>99%</sub> 99%	6	2	6
Dow Jones Industrial Average	VaR <sub>90%</sub> 90%	15	17	16
	VaR <sub>95%</sub> 95%	10	8	10
	VaR <sub>99%</sub> 99%	5	2	5
Russell 2000	VaR <sub>90%</sub> 90%	18	18	18
	VaR <sub>95%</sub> 95%	11	10	12
	VaR <sub>99%</sub> 99%	5	4	5

Πίνακας 13. Αποτελέσματα Backtesting.

Δείκτης	Διαφορά Συνολικής Ζημιάς			
	Επίπεδο Εμπιστοσύνης	Διακύμανση – Συνδιακύμανση	Ιστορική Προσομοίωση	Προσομοίωση Monte Carlo
NASDAQ Composite	VaR <sub>90%</sub> 90%	-\$1.394.360	-\$1.738.105	-\$1.375.198
	VaR <sub>95%</sub> 95%	-\$899.547	-\$830.453	-\$938.987
	VaR <sub>99%</sub> 99%	-\$430.975	-\$39.325	-\$453.551
Dow Jones Industrial Average	VaR <sub>90%</sub> 90%	-\$1.144.867	-\$1.336.466	-\$1.214.936
	VaR <sub>95%</sub> 95%	-\$779.652	-\$697.523	-\$779.138
	VaR <sub>99%</sub> 99%	-\$358.967	-\$26.556	-\$397.435
Russell 2000	VaR <sub>90%</sub> 90%	-\$1.395.349	-\$1.468.559	-\$1.426.433
	VaR <sub>95%</sub> 95%	-\$868.948	-\$779.632	-\$892.091
	VaR <sub>99%</sub> 99%	-\$381.163	-\$139.982	-\$462.875

Πίνακας 14. Αποτελέσματα Backtesting – Διαφορά συνολικής ζημιάς.

Όσον αφορά στο δείκτη “NASDAQ Composite”, παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις μεθόδους Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης και Προσομοίωσης Monte Carlo συγκλίνουν μεταξύ τους, τόσο στις φορές που ξεπεράστηκε το ποσό της εκτιμηθείσας VaR, όσο και στη διαφορά στη συνολική ζημιά. Με τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης, παρατηρούμε ότι σε επίπεδο εμπιστοσύνης 90%, το ποσό της εκτιμηθείσας VaR ξεπεράστηκε περισσότερες φορές από τις άλλες μεθόδους, ενώ σε

επίπεδο εμπιστοσύνης 99% ξεπεράστηκε λιγότερες φορές. Επίσης, με τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης, σε επίπεδο εμπιστοσύνης 90% εμφανίζεται μεγαλύτερη διαφορά στη συνολική ζημιά σε σχέση με τις άλλες δύο μεθόδους, ενώ σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% η διαφορά στη συνολική ζημιά είναι αισθητά πιο μικρή από τις άλλες δύο μεθόδους.

Στο δείκτη “Dow Jones Industrial Average” παρατηρούμε ότι στα επίπεδα εμπιστοσύνης 90% και 95% τα εξαχθέντα αποτελέσματα δεν έχουν μεγάλες διαφορές. Εντούτοις, σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99%, ενώ τα αποτελέσματα των μεθόδων Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης και Προσομοίωσης Monte Carlo συγκλίνουν, με τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης, το ποσό της VaR ξεπεράστηκε μόνο δύο φορές, με διαφορά στη συνολική ζημιά μόνο \$26.556.

Τέλος, όσον αφορά στο δείκτη “Russell 2000”, βλέπουμε πως και στις τρεις υπό αναφορά μεθόδους εκτίμησης της VaR, σε επίπεδα εμπιστοσύνης 90%, 95% και 99%, οι φορές που στην πραγματικότητα ξεπεράστηκε το ποσό της εκτιμηθείσας VaR συγκλίνουν. Παρ’ όλα αυτά και στην περίπτωση αυτού του δείκτη, με τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99%, παρατηρούμε ότι η διαφορά στη συνολική ζημιά είναι αισθητά χαμηλότερη των άλλων δυο μεθόδων. Πιο συγκεκριμένα, είναι \$139.982, έναντι \$381.163 που δίνει η μέθοδος Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης και \$462.875 που δίνει η μέθοδος της Προσομοίωσης Monte Carlo.

# Κεφάλαιο 8

## Συμπεράσματα - Επίλογος

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται μια προσπάθεια προσέγγισης της VaR, τόσο σε θεωρητικό, όσο και σε πρακτικό (εμπειρικό) επίπεδο. Αφού αρχικά περιγράφονται εκτενώς οι κυριότεροι χρηματοοικονομικοί κίνδυνοι που αντιμετωπίζουν διαχρονικά τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα και οι επιχειρήσεις, έπειτα μέσω της VaR γίνεται μια προσπάθεια για εκτίμηση και ποσοτικοποίησή τους.

Για τη μέτρηση της VaR χρησιμοποιούνται ανά το παγκόσμιο διάφορες μέθοδοι (Wiener, 1999). Όπως προαναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, η κάθε μια έχει τόσο τα θετικά, όσο και τα αρνητικά (περιορισμούς) της (Best, 1998; Choudhry, 2013; Corkalo, 2011; Crouhy et al., 2006; Jorion, 2007; Linsmeier & Pearson, 1996; Wiener, 1999). Η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου έγκειται σίγουρα στα στοιχεία που συνθέτουν το υπό εξέταση χαρτοφυλάκιο. Συνεπώς, προκειμένου ο χρήστης να επιλέξει την καταλληλότερη μέθοδο για εφαρμογή, χρειάζεται πρώτα να έχει μια πλήρη εικόνα των περιουσιακών στοιχείων που απαρτίζουν το χαρτοφυλάκιο (Corkalo, 2011; Stefaniak, 2018). Επίσης, για το σκοπό αυτό, είναι πολύ χρήσιμο αρχικά να αναλύσει τα ιστορικά δεδομένα που έχει στη διάθεσή του και έπειτα να αποφασίσει εάν μια μέθοδος ενδείκνυται να εφαρμοστεί ή όχι.

Στη συγκεκριμένη εργασία επεξηγήθηκαν, αναλύθηκαν και εφαρμόστηκαν οι τρεις πιο διαδεδομένες μέθοδοι της VaR: (α) η παραμετρική μέθοδος της Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης, καθώς και οι μη παραμετρικές μέθοδοι, (β) της Ιστορικής Προσομοίωσης και (γ) της Προσομοίωσης Monte Carlo. Η εφαρμογή έγινε σε τρεις πολύ γνωστούς χρηματιστηριακούς δείκτες των Η.Π.Α. (NASDAQ Composite, Dow Jones Industrial Average, Russell 2000) σε επίπεδα εμπιστοσύνης 90%, 95% και 99%. Τα αποτελέσματα (εκτιμήσεις) που προκύπτουν από την εφαρμογή των τριών πιο πάνω μεθόδων εκτίμησης παρουσιάζουν τόσο συγκλίσεις, όσο και ορισμένες αποκλίσεις. Πιο συγκεκριμένα, σε μεγάλο βαθμό, εντοπίζεται σύγκλιση (εμφανίζεται περίπου η ίδια ζημιά) στις εκτιμήσεις που έχουν εξαχθεί από τις μεθόδους Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης και Προσομοίωσης Monte Carlo, οι οποίες ακολουθούν την κανονική κατανομή. Αντιθέτως, παρατηρείται πως

τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης αποκλίνουν από τις άλλες δύο μεθόδους. Συγκεκριμένα, στη μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης (σε όλους τους δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν) εμφανίζεται χαμηλότερη VaR σε επίπεδο εμπιστοσύνης 90% και υψηλότερη στα επίπεδα εμπιστοσύνης 95% και 99%. Χαρακτηριστικά, σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99%, η διαφορά στην ενδεχόμενη ημερήσια ζημιά διαφέρει σε μεγάλο βαθμό (περίπου \$100.000) από τις άλλες δύο μεθόδους. Οι διαφορές αυτές οφείλονται κατά πάσα πιθανότητα στο ότι η κάθε μέθοδος διέπεται από μια σειρά διαφορετικών υποθέσεων (Corkalo, 2011). Αξίζει να σημειωθεί ότι η μέθοδος της Ιστορικής Προσομοίωσης τείνει να εκτιμά την VaR σε μία ομοιόμορφη βάση, με εξαίρεση μεμονωμένες αλλαγές. Αυτό διαφέρει από τις άλλες δύο μεθόδους, της Διακύμανσης - Συνδιακύμανσης και της Προσομοίωσης Monte Carlo, οι οποίες χρησιμοποιούν εκτιμώμενες συνδιακυμάνσεις για τον υπολογισμό του κινδύνου τους, ενώ η μέθοδος της Ιστορικής Προσομοίωσης βασίζεται αποκλειστικά στις ιστορικές τιμές κλεισίματος. Εντούτοις, παρά το γεγονός ότι αυτές οι μέθοδοι δεν εξαρτώνται αποκλειστικά στα ιστορικά δεδομένα, εξακολουθούν να τα χρησιμοποιούν για να σχηματίσουν τυπικές αποκλίσεις.

Επιπλέον, μέσω του επανελέγχου (backtesting) εξετάστηκε η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων, αφού συγκρίθηκαν οι ζημιές που έδειξε η VaR με αυτές που παρατηρήθηκαν στην πραγματικότητα. Τα αποτελέσματα που έχουν εξαχθεί για όλους τους δείκτες, χρησιμοποιώντας και τις τρεις μεθόδους σε όλα τα επίπεδα εμπιστοσύνης, προσδίδουν μια αρκετά μεγάλη αξιοπιστία στον εκτιμητή, αφού βάσει και του τι προβλέπεται από την υπάρχουσα βιβλιογραφία ο αριθμός των εξαιρέσεων δεν είναι μεγάλος (Best, 1998). Συνεπώς, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης υποστηρίζουν την αξιοπιστία του εκτιμητή για τη μέτρηση των χρηματοπιστωτικών κινδύνων.

Εν κατακλείδι, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η VaR, παρά το γεγονός ότι είναι ένα μέτρο ποσοτικοποίησης της ενδεχόμενης απώλειας σε ένα χαρτοφυλάκιο, δεν ενδείκνυται να χρησιμοποιείται μόνο του για την εκτίμηση των κινδύνων (Best, 1998), αφού δεν μπορεί να προσδώσει με ακρίβεια τη συνολική ζημιά. Γι' αυτό το λόγο, προτείνεται να συνοδεύεται από Stress Tests μέσω των οποίων μπορεί να διαφανεί κατά πόσο θα ξεπεραστεί η VaR στην περίπτωση ακραίων αλλαγών στις τιμές. Σαφέστατα όμως η VaR αποτελεί ένα «δυνατό χαρτί», ένα πολύτιμο εργαλείο στα χέρια της κάθε ομάδας Διαχείρισης Κινδύνων.

# Βιβλιογραφία

## Ξενόγλωσση

Alexander, C. (2009) *Market Risk Analysis, Volume IV, Value At Risk Models*. Chichester: John Wiley & Sons.

Allen, L. & Saunders, A. (2019) Private Information And Risk Management In Banking. Allen, B., Molyneux, P. & Wilson, J. (eds.) *The Oxford Handbook Of Banking* (3<sup>rd</sup> Edition), 153-180. Oxford: Oxford University Press.

Bank for International Settlements (1996) Basel Committee on Banking Supervision: Supervisory Framework For The Use Of "Backtesting" In Conjunction With The Internal Models Approach To Market Risk Capital Requirements. <https://www.bis.org/publ/bcbs22.pdf> [Πρόσβαση: 10 Σεπτεμβρίου, 2020].

Bank for International Settlements (2004) Basel Committee on Banking Supervision: International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: A Revised Framework. <https://www.bis.org/publ/bcbs107.pdf> [Πρόσβαση: 10 Σεπτεμβρίου, 2020].

Bessis, J. (2010) *Risk Management In Banking* (3<sup>rd</sup> Edition). Chichester: John Wiley & Sons.

Best, P. (1998) *Implementing Value At Risk*. Chichester: John Wiley & Sons.

Chartered Institute of Management Accountants (CIMA) (2008) Operational Risk: Topic Gateway (Series No. 51). [https://www.cimaglobal.com/Documents/ImportedDocuments/51\\_Operational\\_Risk.pdf](https://www.cimaglobal.com/Documents/ImportedDocuments/51_Operational_Risk.pdf) [Πρόσβαση: 21 Ιανουαρίου, 2021].

- Cheung, Y. H. & Powell, R. J. (2012) Anybody Can Do Value At Risk: A Teaching Study Using Parametric Computation And Monte Carlo Simulation. *Australasian Accounting, Business and Finance Journal*, 6(5), 101-118.
- Choudhry, M. (2013) *An Introduction To Value At Risk* (5<sup>th</sup> Edition). Chichester: John Wiley & Sons.
- Corkalo, S. (2011) Comparison Of Value At Risk Approaches On A Stock Portfolio. *Croatian Operational Research Review*, 2, 81-90.
- Crouhy, M., Galai, D. & Mark, R. (2006) *The Essentials Of Risk Management*. New York: McGraw-Hill.
- Culp, C., Miller, M. & Neves, A. (1998) Value At Risk: Uses And Abuses. *Journal Of Applied Corporate Finance*, 10(4), 26-38.
- Deloitte (2018) Commodity Price Risk Management: A Manual Of Hedging Commodity Price Risk For Corporate. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/in/Documents/risk/in-risk-overview-of-commodity-noexp.PDF> [Πρόσβαση: 19 Ιανουαρίου, 2021].
- Dionne, G. (2013) Risk Management: History, Definition, And Critique. *Risk Management and Insurance Review*, 16(2), 147-166.
- Greenbaum, S. I. & Thakor, A. V. (2007) *Contemporary Financial Intermediation* (2<sup>nd</sup> Edition). Amsterdam: Elsevier Academic Press.
- Holton, G. (2014) *Value At Risk: Theory And Practice* (2<sup>nd</sup> Edition). E-book published by the author at [www.value-at-risk.net](http://www.value-at-risk.net).
- Hull, J. (2015) *Options, Futures, And Other Derivatives* (9<sup>th</sup> Edition). Toronto: Pearson.

- Jorion, P. (2007) *Value At Risk: The New Benchmark For Managing Financial Risk* (3<sup>rd</sup> Edition). New York: McGraw-Hill.
- Linsmeier, T. & Pearson, N. (1996) *Risk Measurement: An Introduction To Value At Risk* (ACE OFOR 96-04). Urbana-Champaign: University of Illinois.
- Manganelli, S. & Engle, R. F. (2001) *Value At Risk Models In Finance* (European Central Bank Working Paper Series, Working Paper No. 75). Frankfurt am Main: European Central Bank.
- Markowitz, H. (1952) Portfolio Selection. *The Journal Of Finance*, 7(1), 77-91.
- Morgan, J. P. & Reuters (1996) RiskMetrics Technical Document. <https://www.msci.com/documents/10199/5915b101-4206-4ba0-ae2-3449d5c7e95a> [Πρόσβαση: 18 Ιανουαρίου, 2021].
- Perignon, C. & Smith, D. (2010) The Level And Quality Of Value-At-Risk Disclosure By Commercial Banks. *Journal Of Banking & Finance*, 34(2), 362-377.
- Previtali, R. (2009) Operational Risk Control: Societe Generale And Other Well-Known Cases. *Journal of Securities Operations & Custody*, 2(1), 24-36.
- Stefaniak, R. (2018) Review Of Value At Risk Estimation Methods. *Research Papers Of Wrocław University Of Economics*, 519, 173-183.
- Wiener, Z. (1999) Introduction to VaR (Value-At-Risk). Galai, D., Ruthenberg, D., Sarnat, M. & Schreiber, B. Z. (eds.) *Risk Management And Regulation In Banking*, 47-63. Boston: Springer.



## Ελληνική

Αγγελόπουλος, Χρ. Π. (2010) *Τράπεζες και Χρηματοπιστωτικό Σύστημα*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε.

Καινούργιος, Δ. (2002) Value-At-Risk (VAR) Μεθοδολογία Εκτίμησης Του Κινδύνου Αγοράς και VAR Παράγωγα Εργαλεία. *Ένωση Ελληνικών Τραπεζών*. 77-86.

Μελάς, Κ. (2008) *Εισαγωγή Στην Τραπεζική Χρηματοοικονομική Διοικητική*. Αθήνα: Εξάντας Εκδοτική Α.Ε.

Τσαγκανός, Α. (2015) *Αγορές Χρήματος Και Κεφαλαίου*. <https://eclass.upatras.gr/modules/units/?course=BMA526&id=6749>  
[Πρόσβαση: 10 Ιανουαρίου, 2021].

## Ιστοσελίδες

<https://www.academia.edu>

<https://www.ebsco.com/academic-libraries>

<https://finance.yahoo.com>

<https://www.investopedia.com>

<https://www.macroption.com>

<https://www.minitab.com>

<https://www.researchgate.net>

<https://www.sciencedirect.com>