



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Αποτίμηση Κινδύνου με τη μέθοδο
Value at Risk

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕ MONTE CARLO ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟ
ΠΑΚΕΤΟ R

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

Μαρίας Κ. Πιζπίκη

Επιβλέπων: Ιωάννης Κολέτσος, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Μάρτιος 2017

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Αποτίμηση Κινδύνου με τη μέθοδο Value at Risk

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Ιωάννης Κολέτσος

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 6η Μαρτίου 2017.

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....
Κοκκίνης Βασίλειος
Επίκουρος Καθηγητής
Ε.Μ.Π

.....
Κολέτσος Ιωάννης
Επίκουρος Καθηγητής
Ε.Μ.Π.

.....
Στεφανέας Πέτρος
Επίκουρος Καθηγητής
Ε.Μ.Π.

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Copyright ©2016 – All rights reserved Πιζίκη Μαρία
Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή με σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Το περιεχόμενο αυτής της εργασίας δεν απηχεί απαραίτητα τις απόψεις του Τμήματος, του Επιβλέποντα, ή της επιτροπής που την ενέκρινε

Υπεύθυνη Δήλωση

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας, και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται σε αυτήν. Επίσης, έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης, βεβαιώνω ότι η παρούσα εργασία προετοιμάστηκε ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών της σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

(Υπογραφή)

.....
Πιζίκη Μαρία

Στην οικογένειά μου

Περίληψη

Η διαχείριση κινδύνου είναι ένας κλάδος ραγδαία αναπτυσσόμενος και αποτελεί πλέον αναπόσπαστο κομμάτι κάθε χρηματοπιστωτικού οργανισμού, ενώ παράλληλα οι εφαρμογές του διευρύνονται και σε άλλες μορφές επιχειρήσεων. Τη σημερινή εποχή η εύρυθμη λειτουργία ενός ιδρύματος συνδέεται άμεσα με τις τακτικές που χρησιμοποιεί σε αυτόν τον τομέα. Ειδικότερα μετά από τη χρηματοπιστωτική κρίση του 2008 έχει διαμορφωθεί ένα πιο αυστηρό πνεύμα εποπτείας και εσωτερικής ρύθμισης των τραπεζών και άλλων παρεμφερών ιδρυμάτων, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η οικονομική βιωσιμότητα και τα επαρκή αποθεματικά κεφάλαια. Το κλίμα αυτό αναδεικνύει την αναγκαιότητα όχι μόνο της εφάρμογής τεχνικών διαχείρισης κινδύνων, αλλά και την περαιτέρω εξέλιξή τους.

Με αυτή τη διπλωματική γίνεται μια προσπάθεια μελέτης του χρηματοπιστωτικού συστήματος, των κινδύνων που αυτό εμπεριέχει ενώ στη συνέχεια επικεντρωνόμαστε στη μέθοδο αποτίμησης “Value at Risk” μέσω μίας εφαρμογής στον τραπεζικό τομέα.

Λέξεις κλειδιά: Επιχειρησιακή Έρευνα, Κίνδυνος, Διαχείριση Κινδύνου, Βασιλεία I, Βασιλεία II, Αξία σε Κίνδυνο, Monte Carlo Προσομοίωση, Έλεγχος Πίεσης, Επανελέγχος, Αναμενόμενη Απομείωση Κινδύνου

Abstract

Risk management is a rapidly growing industry and has become an integral part of any financial institution, also expanding its applications to other forms of business. Nowadays, the proper functioning of an institution is directly related to the strategies applied in this field. Especially after the financial crisis of 2008 the Basel Committee has developed a more rigorous spirit of supervision and internal regulation to ensure the economic viability and adequate capital reserves. This highlights the need not only of the application of risk management, but also its further development.

This thesis deals with the financial system, the risks it involves and then focuses on the valuation method “Value at Risk” by an application in the banking sector.

Keywords: Operational Research, Risk, Risk Management, Basel I, Basel II, Value at Risk, Monte Carlo simulation, Stress Testing, BackTesting, Expected Shortfall.

Ευχαριστίες

Η επιτυχής συγγραφή της παρούσας πτυχιακής σηματοδοτεί την ολοκλήρωση ενός μεγάλου κεφαλαίου στην ενήλικη ζωή μου και θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους συνέβαλαν σε αυτήν την προσπάθεια.

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Ιωάννη Κολέτσο, για την υποστήριξή του και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Επίσης, ευχαριστώ ιδιαίτερω τα μέλη της τριμελούς επιτροπής για το ενδιαφέρον και το χρόνο τους.

Επιθυμώ να ευχαριστήσω τους γονείς μου, καθώς αποτέλεσαν για εμένα πηγή έμπνευσης και κινητήριο δύναμη στη ζωή μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Κωνσταντίνο για την πολύτιμη βοήθειά του.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	1
I Θεωρητικό Υπόβαθρο	3
1 Εισαγωγή στην Επιχειρησιακή Έρευνα	5
1.1 Ιστορική αναδρομή	5
1.2 Η έννοια της Επιχειρησιακής Έρευνας	8
1.3 Τα στάδια της Επιχειρησιακής Έρευνας	9
1.4 Ο ρόλος της Επιχειρησιακής Έρευνας	10
2 Διαχείριση Κινδύνου - Risk Management	11
2.1 Η έννοια του κινδύνου	11
2.2 Είδη κινδύνου	12
2.2.1 Κίνδυνος Αγοράς - Market Risk	12
2.2.2 Πιστωτικός Κίνδυνος - Credit Risk	12
2.2.3 Κίνδυνος Ρευστότητας - Liquidity Risk	12
2.2.4 Λειτουργικός Κίνδυνος - Operational Risk	13
2.3 Η αναγκαιότητα της Διαχείρισης Κινδύνου	13
2.4 Μέθοδοι αποτίμησης κινδύνου	16
3 Επιτροπή της Βασιλείας για την Τραπεζική Εποπτεία - Basel Committee on Banking Supervision (BCBS)	17
3.1 Βασιλεία I - Basel I: The Basel Capital Accord	18
3.1.1 Εφαρμογή της Βασιλείας I	19
3.1.2 Κριτική της Βασιλείας I	19
3.2 Βασιλεία II - Basel II: A Revised Framework on International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards	20
3.2.1 Α' πυλώνας - Ελάχιστες Κεφαλαιακές Απαιτήσεις (Minimum Capital Requirements)	20
3.2.2 Β' Πυλώνας - Διαδικασία εποπτικής αξιολόγησης (Supervisory Review Process)	24
3.2.3 Γ' Πυλώνας - Πειθαρχία της αγοράς (Market Discipline)	25
3.2.4 Εφαρμογή της Βασιλείας II	25
3.3 Βασιλεία III	26
3.3.1 Ελάχιστες κεφαλαιακές απαιτήσεις και αποθέματα ασφάλειας - Minimum Capital Requirements and Buffers	27
3.3.2 Κάλυψη ενάντια στον κίνδυνο - Risk coverage	28

3.3.3	Κεφαλαιακό απόθεμα ασφάλειας - Capital Conservation Buffer	28
3.3.4	Αντικυκλικό κεφαλαιακό απόθεμα - Countercyclical buffer	28
3.3.5	Συντελεστής μόχλευσης - Leverage ratio	29
3.3.6	Συντελεστές ρευστότητας - Liquidity Ratio	29
3.3.7	Εφαρμογή της Βασιλείας III και η κριτική που της ασκήθηκε	30
4	Μέτρα Κινδύνου - Η μέθοδος Value At Risk	33
4.1	Μέτρα Κινδύνου	33
4.1.1	Συνεπή Μέτρα Κινδύνου - Ιδιότητες	34
4.2	Αξία σε Κίνδυνο - Value at Risk	35
4.2.1	Ιδιότητες της VaR	36
4.3	Εφαρμογές της μεθόδου Value at Risk	37
4.4	Παράμετροι της VaR	38
4.4.1	Ο χρονικός ορίζοντας	38
4.4.2	Το διάστημα εμπιστοσύνης	38
4.5	Τα βασικά στάδια για τον υπολογισμό της VaR	38
4.6	Αδυναμίες της μεθόδου	39
4.7	Επανάλεγχος - BackTesting	40
4.8	Έλεγχος πίεσης - StressTesting	40
4.9	Αναμενόμενη Απομείωση Κινδύνου (Expected Shortfall - Conditional VaR)	41
5	Μέθοδοι αποτίμησης της VaR	43
5.1	Εισαγωγικές έννοιες	43
5.2	Μέθοδος Διακύμανσης - Συνδιακύμανσης (Variance-Covariance method)	46
5.2.1	Πλεονεκτήματα	46
5.2.2	Μειονεκτήματα	46
5.3	Μέθοδος Ιστορικής Προσομοίωσης (Historical Simulation)	47
5.3.1	Πλεονεκτήματα	48
5.3.2	Μειονεκτήματα	49
5.4	Μέθοδος Προσομοίωσης Monte Carlo (Monte Carlo Simulation)	49
5.4.1	Πλεονεκτήματα	50
5.4.2	Μειονεκτήματα	50
5.5	Σύγκριση μεθόδων	51
II	Εφαρμογή της Μεθόδου	53
6	Εφαρμογή της μεθόδου VaR με χρήση προσομοίωσης Monte Carlo στο στατιστικό πακέτο R	55
6.1	Εισαγωγικές έννοιες	55
6.1.1	Κατανομές πιθανοτήτων τυχαίων μεταβλητών	55
6.1.2	Έλεγχοι καλής προσαρμογής - Goodness of fit tests	58
6.2	Μηνιαία μελέτη των δεδομένων των τραπεζών A και B	60
6.3	Ανάλυση δεδομένων αναφορικά με το ύψος των ζημιών	61
6.3.1	Προσαρμογή ύψους ζημιών σε κατάλληλη κατανομή	64
6.4	Υπολογισμός VaR και CVaR με την προσομοίωση Monte Carlo	67
6.5	Συμπεράσματα	69

Α΄ Κώδικας στο στατιστικό πακέτο R	71
Βιβλιογραφία	75

Κατάλογος Πινάκων

2.1	Πλαίσιο ανάλυσης κινδύνου	15
2.2	Μεθοδολογίες διαχείρισης κινδύνου	16
3.1	Σύγκριση των ρυθμιστικών πλαισίων Βασιλεία I και Βασιλεία II	20
3.2	Αξιολόγηση κρατικών ομολόγων βάση του συμφώνου ‘Βασιλεία II’	21
3.3	Διαφορές μεταξύ Foundation IRB και Advanced IRB	22
5.1	Σύγκριση μεθόδων υπολογισμού της VaR.	51
6.1	Προσαρμογή μηνιαίων συχνοτήτων στην Poisson	61
6.2	Ανάλυση ζημιών των τραπεζών A και B	63
6.3	Πίνακας ποσοστημοριών για τις τράπεζες A, B	63
6.4	Προσαρμογή δεδομένων στις κατανομές Exponential, Weibull, Lognormal (εκτίμηση με τη μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας).	64
6.5	Έλεγχοι καλής προσαρμογής για την τράπεζα A	65
6.6	Έλεγχοι καλής προσαρμογής για την τράπεζα B	66
6.7	Υπολογισμός VaR και CVaR με 99% διάστημα εμπιστοσύνης	69

Κατάλογος Σχημάτων

1.1	Charles Babbage : ο εφευρέτης της διαφορικής μηχανής	7
2.1	Διαδικασία διαχείρισης κινδύνου	14
5.1	Γραφική παράσταση τυπικής κανονικής κατανομής	44
5.2	Η γραφική αναπαράσταση της VaR στην περίπτωση της κανονικής κατανομής και για δ.ε. ίσο με 5%.	45
5.3	Κατανομές με διαφορετικούς συντελεστές κύρτωσης	47
6.1	Γραφική παράσταση συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας και της αθροιστικής συνάρτησης της εκθετικής κατανομής	56
6.2	Γραφική παράσταση κατανομής Weibull	57
6.3	Γραφική παράσταση λογαριθμικής κανονικής κατανομής.	57
6.4	Ιστόγραμμα ύψους ζημιών (Τράπεζα Α)	61
6.5	Θηκόγραμμα ύψους ζημιών (Τράπεζα Α)	62
6.6	Ιστόγραμμα ύψους ζημιών (Τράπεζα Β)	62
6.7	Θηκόγραμμα ύψους ζημιών (Τράπεζα Β)	63
6.8	Προσαρμογή δεδομένων της τράπεζας Α στις κατανομές Exponential, Weibull, Lognormal	65
6.9	Προσαρμογή δεδομένων της τράπεζας Β στις κατανομές Exponential, Weibull, Lognormal	66
6.10	Κατανομή ολικής ζημιάς για κάθε τράπεζα προσαρμοσμένη στις Poisson και Exponential, Weibull, Lognormal	68

Εισαγωγή

ΤΑ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΧΡΟΝΙΑ ο τομέας της διαχείρισης του χρηματοοικονομικού κινδύνου έχει γνωρίσει μια δραματική ανάπτυξη. Η ευρεία διάδοσή του ξεκίνησε από το 1990, ενώ η πρόσφατη κρίση του 2008, η οποία έπληξε πολλές χώρες ξεχωριστά αλλά και σε συνολικό επίπεδο, έκανε επιτακτική την ανάγκη υιοθέτησης κατάλληλων μεθόδων μελέτης και μέτρησης των χρηματοοικονομικών κινδύνων.

Η δομή των σύγχρονων κοινωνιών βασίζεται στην σταθερότητα και στην ομαλή λειτουργία των τραπεζικών και ασφαλιστικών της συστημάτων. Παράλληλα, η εκτίναξη των αγορών, τα νέα δεδομένα που εισήχθησαν σε οργανισμούς καθώς και σε τράπεζες, χρηματιστήρια και ασφαλιστικές και η διαρκής ανάπτυξη της τεχνολογίας διαδραμάτισαν ξεχωριστό, αλλά εξίσου σημαντικό ρόλο στον τομέα της διαχείρισης κινδύνου. Αποτελεί, πλέον, αναπόσπαστο κομμάτι της λειτουργίας μεγάλων εταιρειών ενώ χρησιμοποιείται και στις περιπτώσεις εποπτείας, πιστωτικών οργανισμών στα πλαίσια του συμφώνου της Βασιλείας.

Τα νέα αυτά δεδομένα προκάλεσαν την κατά καιρούς δημιουργία διαφόρων μεθόδων αποτίμησης κινδύνου. Μία από αυτές είναι η Αξία σε Κίνδυνο (Value at Risk), η οποία αναπαριστά σε έναν αριθμό τη μέγιστη δυνητική ζημιά μιας επένδυσης για δεδομένη χρονική περίοδο και δεδομένο διάστημα εμπιστοσύνης. Η καθιέρωσή της στον οικονομικό κλάδο ήταν άμεση λόγω της ευκολίας που προσφέρει.

Με την παρούσα εργασία γίνεται μια προσπάθεια εισαγωγής στην έννοια του κινδύνου σε χρηματοοικονομικό επίπεδο, καθώς και στη σημασία του σε οικονομικούς και μαθηματικούς όρους. Στο πρώτο μέρος παρουσιάζεται η κατάλληλη θεωρία και στήνεται το θεωρητικό υπόβαθρο που κρίνεται απαραίτητο. Με την πρακτική εφαρμογή στο 2^ο μέρος της εργασίας γίνεται πλήρως κατανοητή η φύση της μεθόδου, ο τρόπος υπολογισμού της και η συνολική σημασία της.

Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία γενική εισαγωγή στην Επιχειρησιακή Έρευνα, μητρικό κλάδο της διαχείρισης κινδύνου, αναλύεται ιστορικά και καταγράφονται οι πρώτες στιγμές εμφάνισής της. Παρουσιάζονται, επίσης, τα στάδια και ο ρόλος της.

Το δεύτερο κεφάλαιο αφορά τη Διαχείριση Κινδύνου. Παρατίθεται η ερμηνεία του κινδύνου σε χρηματοοικονομικούς όρους, ενώ επίσης καταγράφονται και τα διάφορα είδη, τα οποία καλείται να αντιμετωπίσει κάθε οργανισμός. Τονίζεται η σημασία της Δ.Κ., ειδικότερα τη σημερινή εποχή, και παρουσιάζονται συνοπτικά τα εργαλεία της από το 1938 και μετά.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μία αναφορά στην Επιτροπή της Βασιλείας, καθώς και στα σύμφωνα που δημοσίευσε σχετικά με την εποπτεία των πιστωτικών οργανισμών. Παρουσιάζεται η λογική των ρυθμιστικών πλαισίων, τα κριτήρια των

οποίων, κάθε χρηματοπιστωτικός οργανισμός πρέπει να πληρεί, έτσι ώστε να θεωρείται οικονομικά υγιής και βιώσιμος.

Από το τέταρτο κεφάλαιο ξεκινάει και το κύριο θέμα που πραγματεύεται η παρούσα εργασία: τη μέθοδο Value at Risk. Αρχικά, γίνεται μία εισαγωγή στα μέτρα κινδύνου, στα συνεπή μέτρα κινδύνου και στις ιδιότητές τους. Ορίζουμε, έπειτα, την Αξία σε Κίνδυνο, εκφράζουμε τις ιδιότητες της και ορίζουμε τις παραμέτρους της. Αναφέρουμε τις μεθόδους BackTesting, StressTesting και Expected Shortfall οι οποίες λειτουργούν συμπληρωματικά για να καλύψουν τα αδυναμίες που εμφανίζει σε ορισμένες περιπτώσεις η VaR.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τρεις βασικές μέθοδοι υπολογισμού της Value at Risk. Αναλύεται η μέθοδος διακύμανσης - συνδιακύμανσης, η μέθοδος ιστορικής προσομοίωσης και η μέθοδος προσομοίωσης Monte Carlo, η οποία και θα εφαρμοστεί παρακάτω.

Το δεύτερο μέρος της εργασίας περιλαμβάνει το έκτο κεφάλαιο, το οποίο αφορά την εφαρμογή της μεθόδου VaR με χρήση της μεθόδου Monte Carlo. Πρόκειται για το συνδυασμό των παραπάνω εννοιών και προσεγγίσεων με σκοπό την αποτίμηση του λειτουργικού κινδύνου δύο τραπεζών. Αφού γίνουν οι κατάλληλες προσαρμογές και προσομοιώσεις και καταλήξουμε στους επιθυμητούς υπολογισμούς, εξάγουμε τα συμπεράσματα της διαδικασίας.

Μέρος Ι

Θεωρητικό Υπόβαθρο

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή στην Επιχειρησιακή Έρευνα

1.1 Ιστορική αναδρομή

“Operational Research is the art of winning wars without actually fighting”

Aurther Clarke

Θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί πως η έννοια της ‘Επιχειρησιακής Έρευνας’ είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη φύση του ανθρώπου, καθώς βασικά συστατικά της είναι η τάση προς εξέλιξη και βελτιστοποίηση. Μέχρι σήμερα, άλλες φορές ασυνείδητα και άλλες φορές με πλήρη επίγνωση, ακόμη και σε ατομικό επίπεδο οδηγούμαστε στη λήψη διαφόρων αποφάσεων έχοντας προηγουμένως μελετήσει κάθε δυνατό ενδεχόμενο. Η τελική επιλογή έχει γίνει σύμφωνα με τις προσωπικές προτιμήσεις αλλά και με τη μέθοδο που θα μας φέρει γρηγορότερα στο επιθυμητό αποτέλεσμα.

Οι αρχικές εφαρμογές της Ε.Ε. ήταν στα πλαίσια οργάνωσης πολεμικών επιχειρήσεων. Κάπως έτσι, οι άτυπες ρίζες της Ε.Ε. θα μπορούσαν να αναζητηθούν στο μακρύ παρελθόν εστιάζοντας στον 3ο αιώνα π.Χ. όταν ο Αρχιμήδης οργάνωσε τον τρόπο άμυνας των Συρακουσών ενάντια στους Ρωμαίους. Ομοίως, προσωπικότητες όπως οι Leonardo Da Vinci (1503), F.W. Lanchester, Thomas Edison συνέβαλαν στο στρατηγικό σχεδιασμό κρίσιμων μαχών, χρησιμοποιώντας μεθόδους Ε.Ε. Ειδικότερα, αξίζει να τονιστεί πως ο Lanchester ήταν ο πρώτος που επιχείρησε να εκφράσει πολύπλοκες στρατιωτικές στρατηγικές με μαθηματικούς τύπους στην αρχή του 1ου Παγκοσμίου Πολέμου.

Από μαθηματικής σκοπιάς, επιστήμονες όπως οι Bernoulli, Lagrange, Taylor, Newton, Fourier εισήγαγαν την έννοια του γραμμικού προγραμματισμού, απαραίτητο εργαλείο για τον νέο επιστημονικό κλάδο. Με το βιβλίο του ‘Θεωρία Παιγνίων’ ο Janos Von Neumann κατέγραψε τις βασικές τεχνικές του γραμμικού προγραμματισμού, ενώ ο L. Kantorovich το 1939 τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ για μελέτες πάνω στο ίδιο αντικείμενο.

Από πρακτικής πλευράς, ο 18ος και ο 19ος αιώνας αποτέλεσαν μια περίοδο σταθμό στην παγκόσμια ιστορία, καθώς τότε χρονολογείται η ‘βιομηχανική επανάσταση’ (Arnold Toynbee 1852-1883), περίοδος η οποία επηρέασε ριζικά την πορεία της ανθρωπότητας και έθεσε τα θεμέλια για την πρόοδό της.

Η ιστορική εξέλιξη της διοίκησης παραγωγής είναι βαθιά δεμένη με την ανάπτυξη της βιομηχανίας και του εμπορίου. Η βιομηχανική επανάσταση αποτέλεσε την αρχή του φαινομένου της ανάπτυξης των οργανισμών, όσον αφορά το μέγεθός τους και τις δραστηριότητές τους. Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται από μια τεράστια οικονομική, τεχνολογική και επιστημονική πρόοδο, η οποία συνέβαλε στην ανεξέλεγκτη αύξηση της παραγωγικότητας, ενώ, επίσης, γέννησε πρόσθετες επενδυτικές ανάγκες. Συγκεκριμένα, με την πάροδο του χρόνου, μαγαζιά μικρού μεγέθους με περιορισμένης κλίμακας παραγωγή αντικαταστάθηκαν από μεγαλύτερα με σκοπό τη μαζική παραγωγή προϊόντων. Η μεταβολή αυτή κατέστησε επιτακτικό τον καταμερισμό των εργασιών σε επιμέρους κλάδους με στόχο την καλύτερη διαχείρισή τους. Το αποτέλεσμα αυτής της φυσικής εξέλιξης ήταν η αδυναμία της ταυτόχρονης παρακολούθησης όλων των συντρεχόντων εργασιών, οι οποίες σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να είχαν αντικρουόμενα συμφέροντα λόγω των διαφορετικών επιδιώξεων. Έτσι, σε συνδυασμό με το συνεχή ανταγωνισμό και τις ταχύρρυθμες μεταβολές που γνώριζε το περιβάλλον των επιχειρήσεων (οικονομικό, τεχνολογικό, χρηματοπιστωτικό, νομοθετικό κ.α.), η ευθύνη για τη λήψη των αποφάσεων πέρασε στα χέρια διοικητικών στελεχών. Κατά κύριο λόγο επρόκειτο για άτομα με πανεπιστημιακή μόρφωση στον τομέα της μηχανικής: ηλεκτρολόγοι, μηχανολόγοι, πολιτικοί μηχανικοί. Παράλληλα, το πρώτο προπτυχιακό πρόγραμμα με αντικείμενο την διοίκηση επιχειρήσεων ιδρύεται το 1881 στο University of Pennsylvania.

Πρώιμα στάδια του νέου κλάδου από επιστημονικής πλευράς είναι εμφανή ήδη κατά την περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης από Άγγλους συγγραφείς, οι οποίοι είχαν προβλέψει ασυνείδητα την επερχόμενη συστηματοποίηση στη διοίκηση των επιχειρήσεων. Ενδεικτικά, ως ‘πατέρας της Επιχειρησιακής Έρευνας’ χαρακτηρίζεται ο Charles Babbage (1791-1871) μαθηματικός και σχεδιαστής της διαφορικής μηχανής (πρόγονος του σύγχρονου υπολογιστή), η οποία ενσωμάτωνε πολλές τεχνικές της αυτοματοποίησης και αποτελούσε την πρώτη πρόβλεψη για μία τεχνολογία βασιζόμενη στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Επιπλέον, ασχολήθηκε με τη μελέτη των κόστων μεταφοράς ενώ το βιβλίο του “On the Economy of Machinery and Manufacturers” (1832) ήταν η πρώτη δημοσίευση στον τομέα της E.E.

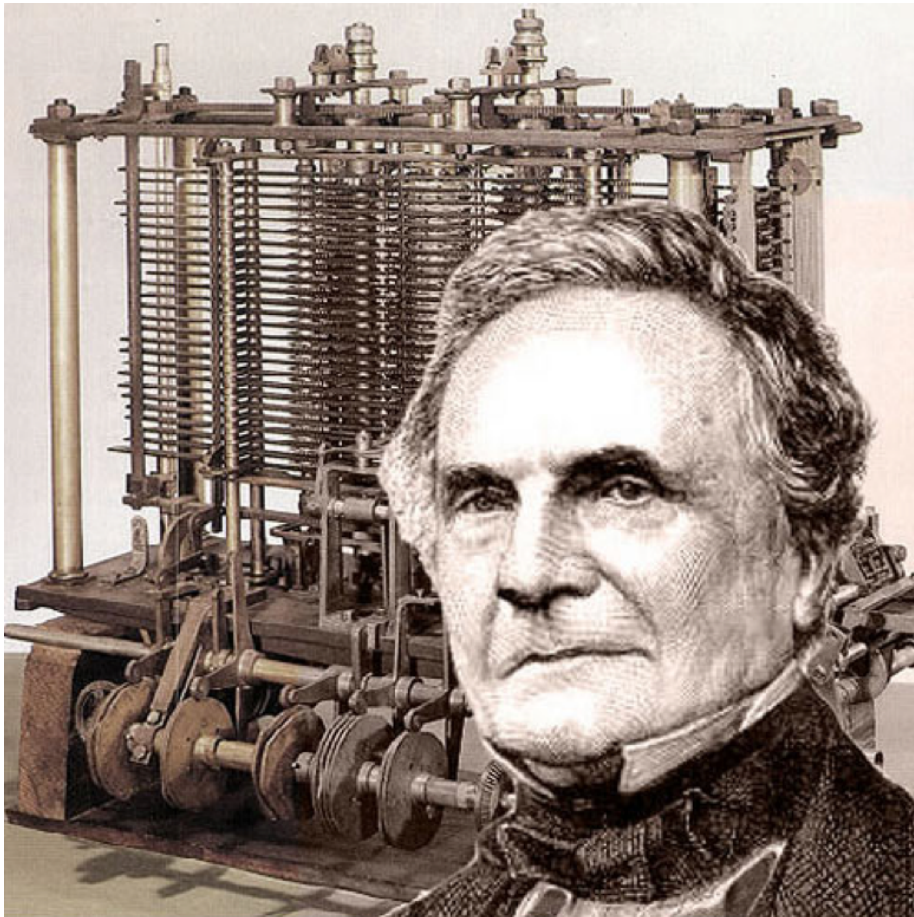
Ωστόσο, οι επίσημες καταγραφές για την προέλευση της Επιχειρησιακής Έρευνας θεωρούν το 1938 ως έτος γέννησης του νέου κλάδου, ενώ ο όρος χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τον A.P.Rowe για τη δραστηριότητα που ανέπτυξε ένα τμήμα του Κέντρου Ερευνών του Αγγλικού Υπουργείου Άμυνας. Συγκεκριμένα, ήταν η πρώτη φορά που ομάδες επιστημόνων συνεργάστηκαν για τον βέλτιστο στρατηγικό σχεδιασμό εκ μέρους της Μεγάλης Βρετανίας κατά τη διάρκεια του 2ου Παγκοσμίου Πολέμου. Μηχανικοί, μαθηματικοί, δικηγόροι, αναλογιστές, στατιστικοί, ψυχίατροι σε συνεργασία με τους διοικητές των ενόπλων δυνάμεων μελέτησαν τη νέα τεχνολογία των ραντάρ για τον εντοπισμό εχθρικών αεροσκαφών. Η βέλτιστη ανίχνευση των κεραιών έδωσε καλύτερη κατανομή των σημάτων διπλασιάζοντας έτσι την αποτελεσματικότητα του συστήματος της εναέριας άμυνας. Επακόλουθο αυτής της πολυεπιστημονικής συνεργασίας ήταν οι νίκες στην Αερομαχία του Λονδίνου, τη Ναυμαχία του Βορείου Ατλαντικού και την Επιχείρηση του Ειρηνικού.

Η νέα αυτή τάση που εισήχθη από το Αγγλικό Υπουργείο Άμυνας υιοθετήθηκε σταδιακά τόσο στην Ευρώπη όσο και στις ΗΠΑ. Παρόμοια τμήματα συγκροτήθηκαν ανά τον κόσμο ‘για την ανάπτυξη και την επιτυχία της Επιχειρησιακής Έρευνας’, προσφέροντας αξιοσημείωτα αποτελέσματα.

Ο χρονικός συντονισμός των δύο ιστορικών γεγονότων, της Βιομηχανικής Επανάστασης και του 2ου Παγκοσμίου Πολέμου, καθόρισε σημαντικά την πορεία

της Ε.Ε. Η συστηματική χρήση των μεθόδων της στο πεδίο του πολέμου σε συνδυασμό με την έκρηξη των απαιτήσεων της βιομηχανικής παραγωγής δημιούργησαν πρόσφορο έδαφος για την επέκταση του κλάδου και στον τομέα των επιχειρήσεων. Η μεγιστοποίηση των κερδών, η μείωση του κόστους και τα εξειδικευμένα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο εκάστοτε οργανισμός μπορούν πλέον να μοντελοποιηθούν και μέσω μαθηματικών υπολογισμών να οδηγηθούν στη βέλτιστη λύση. Η Ε.Ε. αποτελεί αναπόσπαστο μέρος κάθε επιχείρησης, ενώ τα σημεία εφαρμογής της διευρύνονται καθημερινά, δημιουργώντας νέα παρακλάδια.

Η ίδρυση ομοσπονδιών καθιέρωσε οριστικά την Ε.Ε. ως επιστημονικό και επιχειρησιακό κλάδο. Στην Ελλάδα το 1963 ιδρύεται η 'Ελληνική Εταιρία Επιχειρησιακών Ερευνών' (Ε.Ε.Ε.Ε.), ένα επιστημονικό σωματείο με σκοπό την προαγωγή της Ε.Ε. στην επιστήμη, στην Τεχνολογία και στη Διοίκηση.



Σχήμα 1.1: Charles Babbage : ο εφευρέτης της διαφορικής μηχανής

1.2 Η έννοια της Επιχειρησιακής Έρευνας

“Operations Research (O.R.), or operational research in the U.K., is a discipline that deals with the application of advanced analytical methods to help make better decisions.”

www.informs.org

Κατά καιρούς, πολλοί επιστήμονες επιχειρήσαν να ορίσουν την Ε.Ε άλλοτε αναφερόμενοι στο πεδίο εφαρμογής της και άλλοτε στα αποτελέσματα που προκύπτουν από αυτήν. Παράλληλα έχουν χρησιμοποιηθεί οι εναλλακτικοί ορισμοί ‘Διοικητική Επιστήμη’ (Management Science) και ‘Επιστήμη Αποφάσεων’ (Decision Science).

Με τον όρο ‘Επιχειρησιακή Έρευνα’ (E.E.) αναφερόμαστε στην εφαρμογή προηγμένων ποσοτικών και αναλυτικών μεθόδων με σκοπό τη λήψη των καλύτερων δυνατών αποφάσεων. Με θεμέλια επιστημονικούς τομείς όπως η στατιστική ανάλυση, η μαθηματική μοντελοποίηση και η βελτιστοποίηση οδηγούμαστε στη βέλτιστη λύση σε σύγχρονα και πολύπλοκα προβλήματα επιχειρησιακής φύσης. Όμως, το ολοένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον εισάγει και άλλες μεταβλητές τις οποίες χρειάζεται ο μελετητής να λαμβάνει υπόψιν, προερχόμενες από επιστημονικά πεδία όπως τα οικονομικά, η φυσική, η ψυχολογία και ο προγραμματισμός. Είναι αντιληπτό, λοιπόν, πως το μορφωτικό υπόβαθρο για το συνδυασμό των παραπάνω πρέπει να είναι ιδιαίτερος ευρύ αλλά και συνεχές.

Ως γνωστών, ένας οργανισμός διαθέτει μια αρκετά σύνθετη μορφή με πολλές πτυχές και διάφορους αντικειμενικούς σκοπούς, όπως είναι ο προσδιορισμός μεγίστου (κέρδους, επίδοσης ή απόδοσης) ή ο υπολογισμός ελαχίστου (κόστους, ρίσκου ή ζημιάς). Για την επίτευξη τους, εκτιμώντας την πολυπλοκότητα και το μέγεθος των επιχειρήσεων σήμερα, είναι αναγκαία μια οργανωμένη και συστηματική δομή επίλυσης με μια συγκεκριμένη μεθοδολογία. Για τη συγκρότηση αυτής της μεθοδολογίας χρειάζεται η ορθή ερμηνεία των γεγονότων που λαμβάνουν χώρα γύρω μας, μέσω της σωστής μελέτης και παρατήρησης.

“Operational Research is the application of scientific methods, techniques and tools to problems involving the operations of a system so as to provide those in control of the systems with optimum solution to the problem”

Churchman, Ackoff, Arnoff

“O.R. is applied decision theory. It uses any scientific, mathematical or logical means to attempt to cope with problems that confront the executive, when he tries to achieve a thorough-going rationality in dealing with decision problems.”

D.W. Miller, M.K. Starr

Από τους παραπάνω ορισμούς είναι σαφές ότι η προσέγγιση της Ε.Ε. μπορεί να παρομοιαστεί με εκείνη της επιστημονικής μεθόδου με έκταση εφαρμογής ιδιαίτερος μεγάλη. Το εκάστοτε πρόβλημα μελετάται και εξετάζεται. Ακολουθεί η προσομοίωση του, εκφρασμένη μέσω ενός μαθηματικού προτύπου, το οποίο διαθέτει τα ίδια χαρακτηριστικά και τους ίδιους περιορισμούς (constraints) με την πραγματικότητα. Η υπόθεση ότι το πρότυπο προσεγγίζει ικανοποιητικά το αρχικό ζήτημα, μάς οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι λύσεις που προκύπτουν από αυτό ισχύουν και

για το πραγματικό πρόβλημα. Έτσι, κατά μία έννοια, ‘η Ε.Ε. ασχέει επιστημονική έρευνα στις θεμελιώδεις ιδιότητες των επιχειρήσεων’ (Hillier-Lieberman). Παράλληλα, όπως προκύπτει και από την προηγούμενη ενότητα, η χρήση των μεθόδων της Ε.Ε. συναντάται σε επιχειρήσεις, βιομηχανίες, στο στρατό, στα νοσοκομεία, στη δημόσια διοίκηση κ.α. Επομένως, θα έλεγε κανείς, πως αφορά προβλήματα σχετικά με τον τρόπο διοίκησης ενός οργανισμού, χωρίς να έχει ιδιαίτερη σημασία το είδος του.

Το επόμενο συμπέρασμα στο οποίο οδηγούν οι ορισμοί της Ε.Ε. είναι πως η λύση που προκύπτει χαρακτηρίζεται ως βέλτιστη. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι, ανάμεσα στα εφικτά αποτελέσματα του προβλήματος, είναι κρίσιμο να επιλεγεί αυτό το οποίο βελτιστοποιεί τον αντικειμενικό σκοπό που έχει τεθεί. Πάνω σε αυτό θα στηριχτεί η μετέπειτα πορεία και ο στρατηγικός σχεδιασμός του οργανισμού. Ωστόσο, αυτό δεν είναι πάντα εύκολο, αφού κάθε επιχείρηση διαθέτει πολλά συστατικά μέρη με διαφορετικά, και ορισμένες φορές αντικρουόμενα, συμφέροντα. Σε πολλές περιπτώσεις είναι αναγκαίο να υπολογιστούν στοιχεία ποιοτικά, όπως ζητήματα ηθικής, πολιτικής, παράδοσης και σε συνδυασμό με τα ποσοτικά να παρθεί η τελική απόφαση. Ας υποθέσουμε, για παράδειγμα, πως μια επιχείρηση μελετά διάφορες εναλλακτικές επενδυτικές επιλογές (χρηματιστήριο, ακίνητα, ομόλογα κ.α.). Είναι προφανές ότι, σε πρώτη φάση, θα εξεταστούν οι αποδόσεις της κάθε περίπτωσης καθώς και τα επίπεδα ρίσκου. Ωστόσο, δεν πρέπει να υποτιμηθούν ποιοτικοί παράγοντες, όπως αλλαγές στην πολιτική εξουσία ή στη νομοθεσία, οι οποίοι θα μπορούσαν δημιουργήσουν αντίθετα από τα επιθυμητά αποτελέσματα. Συνοψίζοντας, η στρατηγική που θα ακολουθηθεί από τη διοίκηση συνεκτιμά όλες τις συνιστώσες και αφορά τον οργανισμό στο σύνολό του.

1.3 Τα στάδια της Επιχειρησιακής Έρευνας

Δεδομένου ότι η Ε.Ε. αντιπροσωπεύει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο λήψης αποφάσεων, η προσέγγισή της μπορεί να αναλυθεί σε επιμέρους στάδια.

- ο Διαμόρφωση του Προβλήματος : Το πρώτο και σημαντικότερο στάδιο αφορά την κατανόηση του προβλήματος. Απαιτεί τη μελέτη του ζητήματος και των αιτιών που το προξένησαν ενώ παράλληλα χρειάζεται να καταλάβουμε κατά πόσο επηρεάζει ή επηρεάζεται από άλλα ζητήματα που αντιμετωπίζει η εταιρεία. Επίσης, προσδιορίζεται ο σκοπός και σκιαγραφούνται τα αποτελέσματα, ενώ ορίζονται οι μεταβλητές και οι περιορισμοί, εάν αυτοί υπάρχουν.
- ο Κατασκευή-Μοντελοποίηση του Προβλήματος : Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω οδηγούμαστε στην κατασκευή του κατάλληλου μαθηματικού προτύπου. Ουσιαστικά πρόκειται για τη μετάφραση του δοθέντος προβλήματος σε μαθηματική μορφή, ορίζοντας την αντικειμενική συνάρτηση και τις εξισώσεις που προκύπτουν από τους περιορισμούς. Ένα μοντέλο είναι, ουσιαστικά, μια μερική αναπαράσταση της πραγματικότητας. Επομένως, ως καλό χαρακτηρίζεται εκείνο που είναι ικανό να προβλέψει με ακρίβεια την επίδραση των αλλαγών που μπορεί να προκληθούν στο σύστημα.
- ο Επίλυση Προτύπου : Στη συνέχεια, επιλύεται το πρότυπο μέσω κατάλληλων υπολογιστικών μεθόδων. Τονίζεται πως ένα πρόβλημα είναι δυνατόν να διαθέτει περισσότερες από μία λύσεις (εφικτές), η σύγκριση των οποίων προσδιορίζει τη καλύτερη (βέλτιστη), αναλόγως τον αντικειμενικό σκοπό

που έχουμε θέσει. Επιπλέον, το στάδιο αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί και ένας έλεγχος σταθερότητας μέσω κατάλληλης ανάλυσης ευαισθησίας.

- ο Έλεγχος Προτύπου : Το στάδιο αυτό αφορά την εγκυρότητα της λύσης. Εξετάζουμε δηλαδή εάν η δοθείσα λύση είναι δυνατόν να εφαρμοστεί.
- ο Εφαρμογή της Λύσης : Τέλος, εφαρμόζεται η λύση που προέκυψε από τα παραπάνω βήματα. Δεν πρόκειται για μία απλή διαδικασία, διότι, στο πραγματικό περιβάλλον μιας επιχείρησης, το βήμα αυτό περιλαμβάνει την παρουσίαση και την υποστήριξη του αποτελέσματος της μελέτης μας στα άτομα που είναι αρμόδια για την τελική απόφαση.

Όλα τα στάδια που αναφέρθηκαν παραπάνω περιγράφουν συνοπτικά μια δυναμική διαδικασία. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι τα αποτελέσματα αξιολογούνται διαρκώς, ενώ ταυτόχρονα επηρεάζονται από αλλαγές ή νέα δεδομένα, έτσι ώστε να καταλήγουμε πάντα στο βέλτιστο αποτέλεσμα. Έτσι, με εργαλεία το γραμμικό και τον ακέραιο προγραμματισμό, τη μέθοδο Simplex, το πρόβλημα της μεταφοράς, τα δένδρα αποφάσεων, τον έλεγχο των αποθεμάτων και τη θεωρία ουρών αναμονής η Ε.Ε. ακολουθεί τα βήματα που αναφέρθηκαν για την επίλυση των προβλημάτων που αντιμετωπίζει.

1.4 Ο ρόλος της Επιχειρησιακής Έρευνας

Κατά την πάροδο του χρόνου, ο τομέας της Ε.Ε έχει γνωρίσει μεγάλη πρόοδο, ενώ ολοένα και περισσότερες επιχειρήσεις χρησιμοποιούν τις τεχνικές της, αποβλέποντας στην καλύτερη διαχείρισή τους.

Το πεδίο εφαρμογής της είναι ιδιαίτερος ευρύ και τα προβλήματα που καλείται να λύσει ένας αναλυτής είναι ποικίλα. Μερικά από αυτά στοχεύουν στην αντιμετώπιση δυσκολιών που εμποδίζουν την απόδοση μιας ενέργειας. Σκοπός είναι η εξάλειψη ή ο περιορισμός τους, μέσω σωστής προετοιμασίας και πρόβλεψης. Ενδεικτικά παραδείγματα τέτοιας φύσεως είναι τα οδικά και τα αεροπορικά ατυχήματα ή η λανθασμένη λειτουργία συστημάτων ελέγχου κ.α. Με παρόμοιο τρόπο γίνεται η μελέτη υποθετικών καταστάσεων για να προβλεφθούν πιθανά ενδεχόμενα, τα οποία εμπίπτουν σε μια πιο αφαιρετική δομή, όπως για παράδειγμα στις μελέτες κινδύνου ή ειδικών επιχειρησιακών λειτουργιών. Επιπλέον, υπάρχουν και προβλήματα που αποσκοπούν σε μιας μορφής βελτιστοποίηση, όπως θέματα μεγιστοποίησης κέρδους, απόδοσης κ.α. Σε αυτήν την κατηγορία εμπίπτουν και οι περισσότερες εφαρμογές της Ε.Ε.

Προφανώς, μια πλήρη καταγραφή των εφαρμογών της Επιχειρησιακής Έρευνας δεν είναι δυνατή. Κάθε επιχειρησιακή δομή αντιμετωπίζει ξεχωριστές δυσκολίες με αποτέλεσμα να υπάρχουν πολλά παρακλάδια σε τομείς όπως τα Χρηματοοικονομικά, Διαχείριση Προϊόντων (Product Management), Marketing, Διαχείριση Ανθρώπινου Δυναμικού, Διαχείριση Παραγωγής (Production Management) αλλά και στην έρευνα. Στη συνέχεια θα επικεντρωθούμε σε μία ειδική κατηγορία της Ε.Ε τη διαχείριση κινδύνου (Risk Management).

Κεφάλαιο 2

Διαχείριση Κινδύνου - Risk Management

2.1 Η έννοια του κινδύνου

“All of life is the management of risk, not its elimination”

Walter Wriston, former chairman of Citicorp

Αναμφισβήτητητα, η μεταβλητότητα που χαρακτηρίζει τη σημερινή εποχή δημιουργεί ένα έντονο περιβάλλον αβεβαιότητας μέσα στο οποίο ζούμε, κινούμαστε και λαμβάνουμε καθημερινά ποικίλες αποφάσεις. Δεν θα ήταν λογικό, επομένως, ένα τέτοιο περιβάλλον να περάσει απαρατήρητο από την πλευρά των επιχειρήσεων και των χρηματοπιστωτικών οργανισμών. Για αυτό το λόγο, η Διαχείριση Κινδύνου είναι ένας γρήγορα αναπτυσσόμενος κλάδος με εφαρμογή σε πολλούς φορείς της παγκόσμιας οικονομίας (κυβερνήσεις, εταιρείες, ιδιώτες κτλ.).

Ποια είναι όμως η έννοια του κινδύνου; Σε πρώτη φάση, θα επιχειρήσουμε να δώσουμε έναν ορισμό. Ως κίνδυνος θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε μια δυσάρεστη έκβαση, η οποία έχει άμεσο αντίκτυπο στη ζωή μας. Είναι προφανές ότι τέτοιου είδους περιστατικά δεν είναι επιθυμητά, επομένως, βασικός μας στόχος είναι η αποφυγή τους. Ωστόσο, προκύπτει η εξής δυσκολία: δεν είναι πάντα εύκολο ή δυνατό να προσδιορίσουμε τη συχνότητα της έκθεσής μας σε κάθε κίνδυνο αλλά ούτε και το είδος του. Καταλαβαίνουμε, άρα, πως ο ορισμός μας δεν είναι επαρκής και χρειάζεται να εισάγουμε και το χαρακτηριστικό της αβεβαιότητας.

Η ορολογία που παραθέτει ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO : International Organization for Standards) στο έγγραφό του με τίτλο "ISO - IEC Guide 73 Risk Management-Vocabulary-Guidelines for use in standards" είναι :

“Risk is often expressed in terms of a combination of the consequences of an event (including changes in circumstances) and the associated likelihood of occurrence.”

ISO - IEC Guide 73

Παρατηρούμε ότι στη ξένη βιβλιογραφία χρησιμοποιείται η λέξη “risk”, όπου θεωρείται πως αποδίδει καλύτερα το νόημα του κινδύνου. Για κάθε οικονομική δραστηριότητα γίνεται και η ανάληψη του αντίστοιχου ρίσκου, με την έννοια ότι ο εμπλεκόμενος δεν είναι σε θέση να γνωρίζει εξ αρχής εάν το αποτέλεσμα θα

είναι ευνοϊκό ή όχι. Αυτό σημαίνει πως κάθε μορφή κινδύνου (ή αντίστοιχα ρίσκου) σε αυτά τα πλαίσια δεν έχει πάντοτε δυσμενή αποτελέσματα. Σύμφωνα με την κοινή αντίληψη, ο όρος 'κίνδυνος' είναι συχνά αρνητικά φορτισμένος και σε πολλές περιπτώσεις προκαλεί συνειρμούς ατολμίας. Αντιθέτως, σε οικονομικό επίπεδο κάθε ρίσκο έχει αμφότερα ευκαιρίες ("upside risk") και απειλές ("downside risk"). Ως κίνδυνος προς τα πάνω (αντίστοιχα κίνδυνος προς τα κάτω) θεωρείται η πιθανότητα να προκύψει κέρδος (αντίστοιχα απώλεια) από μία ενέργεια ή απόφαση. Οπότε τελικά, το ερώτημα που δημιουργείται είναι εάν μπορούμε να εντοπίσουμε τον κίνδυνο που μας ενδιαφέρει και να δράσουμε προληπτικά, αντιμετωπίζοντας τους παράγοντες που τον προκαλούν.

2.2 Είδη κινδύνου

Η έννοια του κινδύνου, όπως δόθηκε παραπάνω, έχει ένα μεγάλο εύρος εφαρμογής. Για την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της κεφαλαιαγοράς και τον παραγόντων που επηρεάζουν την αξία και την τιμή μιας επένδυσης, θα αναφερθούν ενδεικτικά οι πιο συνήθεις κίνδυνοι που αντιμετωπίζει το χρηματοοικονομικό περιβάλλον.

2.2.1 Κίνδυνος Αγοράς - Market Risk

Πρόκειται για μία από τις πιο συχνές μορφές επενδυτικού κινδύνου και σχετίζεται με τον κίνδυνο υποχώρησης των τιμών της αγοράς συνολικά ή ορισμένων στοιχείων της.

Σε αυτήν την κατηγορία ο επενδυτής έρχεται αντιμέτωπος με την πτώση της αξίας της επένδυσής εξαιτίας παραγόντων που επηρεάζουν τη συνολική απόδοση των χρηματοοικονομικών αγορών, στις οποίες δραστηριοποιείται. Γενικά, αφορά όσες επενδυτικές κινήσεις συνδέονται με τις διακυμάνσεις των τιμών της αγοράς, οι οποίες προκύπτουν από απότομες μεταστροφές της προσφοράς και της ζήτησης ενός προϊόντος, επηρεάζοντας επομένως και τις τιμές πώλησής του.

Οι τέσσερις συνηθέστεροι παράγοντες κινδύνου αγοράς αφορούν τις μεταβολές των μετοχών (κίνδυνος μετοχών), τον κίνδυνο επιτοκίου ("interest rate risk"), τις μεταβολές στις συναλλαγματικές ισοτιμίες (συναλλαγματικός κίνδυνος - "exchange rate risk") και στις τιμές των εμπορευμάτων (κίνδυνος εμπορευμάτων).

2.2.2 Πιστωτικός Κίνδυνος - Credit Risk

Αφορά τον κίνδυνο αθέτησης μιας προσυμφωνημένης συναλλαγής από την πλευρά του αντισυμβαλλόμενου. Η αδυναμία εκπλήρωσης των υποχρεώσεων ορίζεται ως πιστωτικό γεγονός και αφορά όλες τις μορφές συναλλαγών που εμπεριέχουν μελλοντικές πληρωμές.

Ο πιστωτικός κίνδυνος είναι δυνατόν να εκτιμηθεί εκ των προτέρων μέσω της πιστοληπτικής αξιολόγησης των συναλλασσόμενων. Ωστόσο, εάν τελικά μια συμφωνία αθετηθεί θα έχει επίδραση στις ταμειακές ροές μιας επένδυσης (cash flows), ενώ επίσης θα μειώσει τη λογιστική της αξία λόγω της μερικής διαγραφής στοιχείων του αντισυμβαλλόμενου.

2.2.3 Κίνδυνος Ρευστότητας - Liquidity Risk

Με τον όρο ρευστότητα εννοούμε την άμεση διαθεσιμότητα χρήματος από ένα οικονομικό μέσο. Επομένως, ο κίνδυνος αυτός αφορά την αδυναμία ρευστοποίησης

μιας επένδυσης και ανήκει στους χρηματοοικονομικούς κινδύνους. Ως αποτέλεσμα, μπορεί να οδηγήσει μια οντότητα στην αθέτηση των υποχρεώσεών της (πιστωτικός κίνδυνος) με ο,τι αυτό συνεπάγεται. Επομένως, δεν αρκεί μια επιχείρηση να είναι μονάχα ασφαλής και κερδοφόρα αλλά χρειάζεται να είναι και εύκολα ρευστοποιήσιμη.

2.2.4 Λειτουργικός Κίνδυνος - Operational Risk

Ως Λειτουργικός Κίνδυνος ορίζεται ο κίνδυνος που αντιμετωπίζει μια επιχείρηση κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας και προκαλείται από ανθρώπινο παράγοντα. Περιλαμβάνει περιστατικά λανθασμένης διοίκησης οργανισμών, ανεπαρκείς διαδικασίες ελέγχου καθώς και περιπτώσεις σκόπιμης παραποίησης πληροφοριών (απάτες). Σε πολλές περιπτώσεις, ο λειτουργικός κίνδυνος μπορεί να οδηγήσει σε κίνδυνο αγοράς και κίνδυνο ρευστότητας.

“The risk of loss resulting from inadequate or failed internal processes, people and systems or from external events.”

Basel Committee II¹

Ο περιορισμός της εμφάνισης αυτού του κινδύνου περιλαμβάνει εσωτερικές ρυθμίσεις σε μια επιχείρηση, όπως για παράδειγμα το διαχωρισμό των αρμοδιοτήτων των εργαζομένων, αυστηρούς ελέγχους και το σχεδιασμό μιάς τακτικής εκτάκτου ανάγκης. Ο προσδιορισμός, η ποσοτικοποίηση και ο έλεγχος του λειτουργικού κινδύνου αναπτύσσονται διαρκώς, όπως συμβαίνει και στην περίπτωση του credit market risk.

2.3 Η αναγκαιότητα της Διαχείρισης Κινδύνου

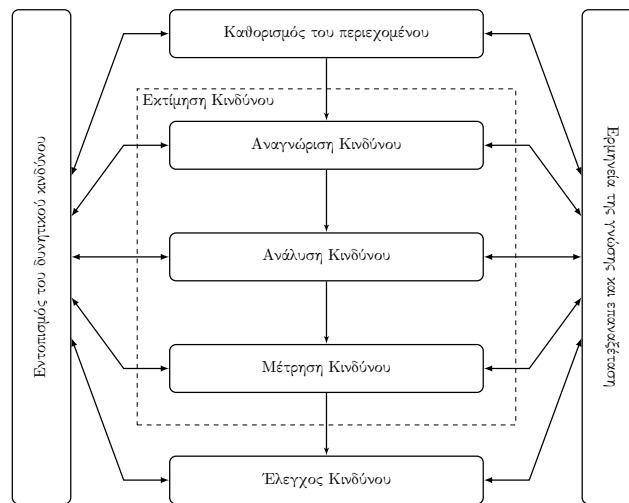
Η Διαχείριση Κινδύνου είναι η διαδικασία εντοπισμού, ανάλυσης και αντιμετώπισης των παραγόντων κινδύνου καθ' όλη τη διάρκεια ζωής ενός έργου ή μιας ενέργειας προς το συμφέρον του εκάστοτε στόχου. Η σωστή διαχείριση κινδύνου συνεπάγεται την προσπάθεια ελέγχου των πιθανών μελλοντικών γεγονότων και βασίζεται στην πρόληψη και όχι στην αντίδραση. Με μια σωστή εκτίμηση είναι δυνατόν να περιοριστεί η πιθανότητα εμφάνισης ενός συμβάντος, αλλά και το μέγεθος των συνεπειών του.

Για τον προσδιορισμό και την ιεράρχηση των κινδύνων χρησιμοποιούνται ποιοτικά και εκτιμητικά εργαλεία, με βάση τα οποία, (οι κίνδυνοι) αναλύονται και αξιολογούνται. Σύμφωνα με το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης η διαδικασία που ακολουθείται φαίνεται στο Σχήμα 2.1².

Αρχικά, διαπιστώνονται οι κίνδυνοι στους οποίους είναι εκτεθειμένος ο οργανισμός ή ο ιδιώτης. Η τελική απόφαση σχετικά με τη διαχείρισή τους θα είναι προϊόν έρευνας και σύγκρισης όλων των ενδεχομένων που είναι δυνατόν να προκύψουν. Πρόκειται για μία διαδικασία ιδιαίτερα πολύπλοκη, καθώς χρειάζεται να έχει κανείς πλήρη επίγνωση του χρηματοοικονομικού περιβάλλοντος μέσα στο οποίο κινείται ο οργανισμός. Για το λόγο αυτό, τα διευθυντικά στελέχη της εταιρείας έρχονται σε επαφή με αρμόδιους εσωτερικούς ή εξωτερικούς συμβούλους-αναλυτές (consultants-analyst). Τα βασικά βήματα της Δ.Κ. αναπτύσσονται ως ακολούθως:

¹Basel Comittee, “Operational Risk” (2001) σελ.2

²ISO 31000:2009 : Risk management-Principles and guidelines



Σχήμα 2.1: Διαδικασία διαχείρισης κινδύνου

(i) Αναγνώριση του κινδύνου:

Πρόκειται για το πρώτο στάδιο σε μια ολοκληρωμένη ανάλυση ρίσκου, δεδομένου ότι ο αντικειμενικός στόχος του οργανισμού έχει οριστεί πλήρως. Εξετάζονται οι πιθανές πηγές ρίσκου και μέσω διαφόρων μεθόδων (όπως “brainstorming”, ερωτηματολόγια, μελέτες, υποθετικές μελέτες κ.α.) καταγράφονται οι πιθανοί κίνδυνοι. Σε πολλές περιπτώσεις ο αριθμός των καταγεγραμμένων ρίσκων μπορεί να υπερβαίνει απρόβλεπτα το διαθέσιμο χρόνο της ομάδας. Για αυτό το λόγο, στη συνέχεια, κατηγοριοποιούνται και ταξινομούνται κατά προτεραιότητα. Αυτή η διαδικασία βοηθάει στο να δοθεί η πρέπει έμφαση στους κινδύνους εκείνους, που έχουν υψηλό αντίκτυπο αλλά και υψηλή πιθανότητα εμφάνισης. Έτσι, γίνεται μια αρχική ταυτοποίηση του βαθμού έκθεσης του οργανισμού στην αβεβαιότητα.

(ii) Ανάλυση του κινδύνου

Προτού ληφθεί η απόφαση για τον τρόπο με τον οποίο μπορεί ένας κίνδυνος να διαχειριστεί καλύτερα, χρειάζεται να διαπιστωθούν οι ρίζες του. Η ομάδα πρέπει να δώσει απαντήσεις σε ερωτήματα όπως: Ποια αιτία θα προκαλούσε τον συγκεκριμένο κίνδυνο; Πώς θα επηρέαζε την εταιρεία; Η χρήση ενός δομημένου πλαισίου, στο οποίο θα καταγράφεται αναλυτικά ο κίνδυνος και οι προσδοκίες που έχουμε από τη μελέτη του, μπορεί να συνεισφέρει σε μεγάλο βαθμό στη περιγραφή του κινδύνου. Το αναλυτικό πλαίσιο της ανάλυσης κινδύνου δίνεται στον Πίνακα 2.1.

(iii) Μέτρηση του κινδύνου

Αφού τα παραπάνω ερωτήματα απαντηθούν, πρέπει με κατάλληλα εκτιμητικά μέτρα να ποσοτικοποιηθεί το ρίσκο που μελετάται. Τώρα ο κίνδυνος κατηγοριοποιείται αναλόγως το μέγεθός του, δηλαδή από το συνδυασμό των συνεπειών και της πιθανότητας εμφάνισής του. Δυνητικές απειλές (downside risk) ή ευκαιρίες (upside risk), καθώς και οι πιθανότητές τους, διαχωρίζο-

Πλαίσιο ανάλυσης κινδύνου	
Βήματα	Περιγραφή διαδικασίας
Πεδίο κινδύνου	Ποιοτική περιγραφή του μεγέθους, του τύπου
Φύση κινδύνου	Στρατηγικός, λειτουργικός, χρηματοοικονομικός, γνωστικός, συμμόρφωσης κ.α.
Έχοντες έννομο ενδιαφέρον	Οι έχοντες έννομο ενδιαφέρον (stakeholders) και οι προσδοκίες τους
Ποσοτικοποίηση κινδύνου	Σημαντικότητα και πιθανότητα
Ανοχή/Όρεξη στον κίνδυνο	(α') Η δυνητική απώλεια και η χρηματοοικονομική επίδραση του κινδύνου (β') Αξία (περιουσιακών ή άλλων στοιχείων σε κίνδυνο) (γ') Πιθανότητα και μέγεθος δυνητικών ζημιών ή κερδών (δ') Στόχος για τον έλεγχο του κινδύνου και επιθυμητό επίπεδο επίδοσης
Χειρισμός κινδύνου και μηχανισμοί	Τα μέσα με τα οποία ο κίνδυνος μπορεί να διαχειριστεί
Δυνητική ενέργεια βελτίωσης	Συστάσεις για τη μείωση του κινδύνου
Ανάπτυξη στρατηγικής και πολιτικής	Αναγνώριση της υπεύθυνης λειτουργίας του οργανισμού για την ανάπτυξη στρατηγικής και πολιτικής

Πίνακας 2.1: Πλαίσιο ανάλυσης κινδύνου

νται σε υψηλές, μεσαίες ή χαμηλές αναλόγως τα κριτήρια που έχει θέσει κάθε οργανισμός.

(iv) Έλεγχος του κινδύνου

Στη φάση αυτή, η ομάδα εργασίας είναι έτοιμη είτε να ξεκινήσει τη διαδικασία ελέγχου του κινδύνου, είτε να λειτουργήσει με σκοπό την πρόληψη του. Δημιουργείται ένα κατάλληλο πλάνο, σύμφωνα με το οποίο τροποποιείται το υπό μελέτη ρίσκο, έτσι ώστε να επιτευχθούν αποδεκτά επίπεδα κινδύνου. Απαντώνται ερωτήματα όπως: Τί μπορεί να γίνει για τη διαχείριση του κινδύνου; Πώς είναι δυνατόν να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα ενός αρνητικού κινδύνου και ταυτόχρονα να ενισχυθούν οι ευκαιρίες;

(v) Ερμηνεία της γνώσης για τον κίνδυνο

Πρόκειται για το τελικό στάδιο της διαδικασίας, κατά το οποίο γίνεται συνεχής παρακολούθηση και επανεξέταση των αποτελεσμάτων. Παράλληλα, συνεκτιμώνται οι εμπειρίες που αποκτήθηκαν, έτσι ώστε να γίνουν τα μελλοντικά εργαλεία σε αντίστοιχες περιπτώσεις. Ελέγχεται η αποτελεσματική αποτίμηση των κινδύνων ενώ διασφαλίζεται η συνεχής προσαρμογή των προτύπων στις τυχούσες αλλαγές του οργανισμού ή του περιβάλλοντος.

Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι ο έλεγχος του κινδύνου αποτελεί ουσιαστικά ένα από τα στάδια της Διαχείρισης Κινδύνου. Στην παρούσα εργασία θα επικεντρωθούμε, κατά κύριο λόγο, στο 3ο στάδιο της διαδικασίας που αφορά τη μέτρηση

του κινδύνου, και ειδικότερα, μέσω του μεγέθους VaR το οποίο και θα αναλυθεί περαιτέρω.

2.4 Μέθοδοι αποτίμησης κινδύνου

Κατά τη διάρκεια των ετών, το διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον στον ευρύτερο χρηματοοικονομικό και επιχειρησιακό κλάδο έκανε επιτακτική την ανάπτυξη διαφόρων μεθόδων Δ.Κ. Στον Πίνακα 2.2³ καταγράφονται συνοπτικά τα στάδια ανά χρονική περίοδο.

Έτος	Μεθοδολογία
1938	Bond Duration
1952	Markowitz mean-variance framework
1963	Sharpe's capital asset pricing model
1966	Multiple factor models
1973	Black Holes option pricing model, "Greeks"
1979	Binomial option model
1983	RAROC risk adjusted return
1986	Limits on exposure by duration bucket
1988	Risk-weighted assets for banks, Limits on "Greeks"
1992	Stress testing
1993	Value at Risk (VaR)
1994	RiskMetrics
1997	CreditMetrics, Credit risks+
1998	Integration of credit and market risk
2000	Enterprise-wide risk management

Πίνακας 2.2: Μεθοδολογίες διαχείρισης κινδύνου

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας θα επικεντρωθούμε στη μέθοδο Value at Risk (Αξία σε Κίνδυνο), η οποία αναπτύχθηκε από την JP Morgan την περίοδο του 1990, όταν πολλές εταιρείες μεγάλου μεγέθους κήρυξαν πτώχευση εξαιτίας της μη κατάλληλης χρήσης παραγώγων και της έλλειψης εσωτερικού ελέγχου (π.χ. Orange County 1994 με ζημιά 1,7 δις \$, Metallgesellschaft 1993 με ζημιά 1,3 δις \$, Barings Bank 1995 με ζημιά 1,3 δις \$, Daiwa Bank 1995 με ζημιά 1,1 δις \$, Sumitomo Corporation 1996 με ζημιά 1,8 δις \$)⁴.

³Philippe Jorion, "Value at Risk" (2001) σελ.11

⁴Kevin Dowd, "Beyond Value at Risk" (2001) σελ.17

Κεφάλαιο 3

Επιτροπή της Βασιλείας για την Τραπεζική Εποπτεία - Basel Committee on Banking Supervision (BCBS)

“Any discussion of risk management in banking must start with the understanding that banks exist for the purpose of taking risks, and the objective of supervision is certainly not to eliminate, and perhaps not even lower, risk-taking. Rather, the objective of supervision is to assist in the management of risk.”

Mr. Roger W. Ferguson Jr., Vice-Chairman, Board of Governors of the
Federal Reserve System, 2003

Η Επιτροπή της Βασιλείας, η οποία εδρεύει στην Τράπεζα Διεθνών Διακανοισμών στη Βασιλεία της Ελβετίας, ιδρύθηκε στα τέλη του 1974 από τις κεντρικές τράπεζες δέκα κρατών (Γαλλία, Γερμανία, Ιταλία, Ιαπωνία, Λουξεμβούργο, Ολλανδία, Σουηδία, Ελβετία, Ηνωμένο Βασίλειο και ΗΠΑ) στον απόηχο των σοβαρών διαταραχών του διεθνούς συναλλάγματος και των τραπεζικών αγορών. Αφορμή για τη σύστασή της στάθηκε το κλείσιμο της Bankhaus Herstatt στη Δυτική Γερμανία καθώς και η γενικότερη δυσμενής οικονομική κατάσταση εκείνης της περιόδου.

Ο στόχος της επιτροπής μέχρι και σήμερα είναι διπλός. Ενισχύει τη χρηματοπιστωτική σταθερότητα μέσω της βελτίωσης της ποιότητας της τραπεζικής εποπτείας παγκοσμίως, ενώ παράλληλα συμβάλλει στην τακτική συνεργασία μεταξύ των χωρών μελών για συναφή θέματα. Σύμφωνα με τον Balin (2008) η Basel Committee «επεκτείνει το θεσμικό πλαίσιο, προωθεί την επαρκή τραπεζική εποπτεία και διασφαλίζει ότι κανένα χρηματοπιστωτικό ίδρυμα δε θα διαφύγει αυτής».

Η πρώτη συνεδρίασή της έλαβε χώρα το Φεβρουάριο του 1975, ενώ πλέον η Επιτροπή της Βασιλείας αποτελείται από 45 ιδρύματα από 28 χώρες. Ξεκινώντας με το Basel Concordat, το οποίο εκδόθηκε το 1975 και αναθεωρήθηκε αρκετές φορές από τότε, η Επιτροπή έχει δημιουργήσει μια σειρά διεθνών προτύπων για την

τραπεζική εποπτεία, με ορόσημο τις δημοσιεύσεις της σχετικά με την κεφαλαιακή επάρκεια, γνωστές ως Βασιλεία I, Βασιλεία II και πιο πρόσφατα Βασιλεία III.

3.1 Βασιλεία I - Basel I: The Basel Capital Accord

Οι αρχές που προτάθηκαν από τους G10 (σε συνεργασία με την Ισπανία) περιλαμβάνονται στο κείμενο International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards, το οποίο δημοσιεύθηκε το 1988 και αργότερα ονομάστηκε Βασιλεία I¹.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1980, η έναρξη της κρίσης χρέους της Λατινικής Αμερικής, η εισαγωγή των παραγώγων στο χρηματοοικονομικό περιβάλλον καθώς και η απελευθέρωση των αγορών ήταν μερικά από τα γεγονότα που ενέτειναν τις ανησυχίες της Επιτροπής λόγω των αυξανόμενων κινδύνων που θα μπορούσαν να επηρεάσουν αρνητικά τα κεφάλαια των τραπεζών.

Το Basel I δημιουργήθηκε για να προωθήσει την εναρμόνιση των προτύπων της κεφαλαιακής επάρκειας εντός των κρατών μελών της, τα οποία θεωρούνταν στο σύνολό τους ανεπτυγμένες αγορές, με αποτέλεσμα τα προτεινόμενα ρυθμιστικά πλαίσια να είναι προσαρμοσμένα στις τράπεζες που δραστηριοποιούνταν ανεπτυγμένες οικονομίες. Ως εκ τούτου, όπως ορίζεται ρητά στη Βασιλεία I², η συμφωνία δεν προοριζόταν για αναδυόμενες αγορές ενώ επίσης δεν θα έπρεπε να θεωρηθεί ως βέλτιστη τραπεζική μεταρρύθμιση εντός τέτοιων οικονομιών, λόγω των διαφορετικών επικρατούσων συνθηκών.

Η συμφωνία χωρίζεται σε τέσσερις πυλώνες (“pillars”). Ο πρώτος πυλώνας, εν ονόματι “The Constituents of Capital”, ορίζει τα αποθεματικά κεφάλαια των τραπεζών καθώς και ποιο ποσοστό τους κάθε τράπεζα πρέπει να διατηρεί. Σημειώνουμε ότι ο δείκτης κεφαλαιακής επάρκειας ορίζεται να αντιστοιχεί στο ποσοστό του 8%. Τα αποθεματικά κεφάλαια χωρίζονται στις εξής δύο κατηγορίες: Στην πρώτη βαθμίδα (“Tier 1 Capital”) περιλαμβάνονται τα ταμειακά αποθέματα και τα κεφάλαια από την πώληση τραπεζικών μετοχών. Στη δεύτερη βαθμίδα περιέχονται τα αποθεματικά που δημιουργήθηκαν για την κάλυψη πιθανών απωλειών, υβριδικοί τίτλοι ομόλογα μειωμένης εξασφάλισης και δυνητικά κέρδη από πώληση ακινήτων. Για την τήρηση της Συμφωνίας της Βασιλείας από τη μεριά των τραπεζών, απαιτείται διατήρηση ίσης αξίας κεφαλαίου και από τις δύο βαθμίδες.

Ο δεύτερος πυλώνας ονομάζεται “Risk Weighting” και αφορά τη στάθμιση και την αξιολόγηση του κινδύνου στα περιουσιακά στοιχεία μίας τράπεζας και αποτελείται από πέντε κατηγορίες κινδύνου. Η πρώτη κατηγορία αφορά το ενεργητικό³ των τραπεζών με συντελεστή βαρύτητας 0%, τα στοιχεία εκείνα δηλαδή που δεν εμπεριέχουν καθόλου κίνδυνο (“riskless”). Η δεύτερη κατηγορία επομίζεται συντελεστή βαρύτητας 20% και αφορά τα στοιχεία ‘χαμηλού κινδύνου’ (“low risk”). Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει έναν τύπο στοιχείων ‘μετρίου κινδύνου’, τα στεγαστικά δάνεια, με συντελεστή βαρύτητας 50%. Η τέταρτη κατηγορία αφορά τον υψηλό κίνδυνο και ο συντελεστής σταθμίζεται στο 100%. Τέλος, στην πέμπτη

¹<http://www.bis.org>, History of the Basel Committee.

²Bryan J. Balin, “Basel I, Basel II, and Emerging Markets: A Nontechnical Analysis” (2008) σελ. 2.

³Ως ενεργητικό ή περιουσιακό στοιχείο ορίζεται το σύνολο των οικονομικών πόρων οι οποίοι ανήκουν σε μία επιχείρηση και έχουν χρηματική αξία, όπως για παράδειγμα τα μετρητά, οι επενδύσεις, τα αποθέματα, η γη, τα κτήρια, οι καταθέσεις κτλ. Για να είναι ένας οικονομικός πόρος στοιχείο του ενεργητικού πρέπει να ανήκει στην κυριότητα της επιχείρησης, το κόστος ή η αξία του να υπόκειται σε αντικειμενική μέτρηση με βάση τη χρηματική μονάδα και να προσδοκούνται μετρήσιμα οικονομικά οφέλη για την επιχείρηση από τη χρήση του.

κατηγορία περιλαμβάνονται στοιχεία με κυμαινόμενο συντελεστή βαρύτητας και περιλαμβάνει τις απαιτήσεις για φορείς του εγχώριου δημοσίου τομέα, η οποία μπορεί να αποτιμάται σε 0, 10, 20 ή 50% ανάλογα με την κρίση της κεντρικής τράπεζας.

Στον τρίτο πυλώνα (“A Target Standard Ratio”) γίνεται μια ενοποίηση των δύο προηγούμενων πυλώνων της Συμφωνίας. Θέτει την ελάχιστη επαρκή αναλογία του ενεργητικού μιας τράπεζας για την προστασία έναντι του πιστωτικού κινδύνου και την κάλυψη των κεφαλαιακών απαιτήσεων.

Στον τέταρτο πυλώνα (“Transitional and implementing arrangements”) η Βασιλεία καθιστά ως υπεύθυνη την κεντρική τράπεζα κάθε χώρας για τη δημιουργία ισχυρών εποπτικών μηχανισμών που να εξασφαλίζουν την εφαρμογή των οδηγιών της.

3.1.1 Εφαρμογή της Βασιλείας I

Το σύμφωνο Βασιλεία I εφαρμόστηκε με επιτυχία στα κράτη των G10. Με εξαίρεση την ιδιόμορφη περίπτωση της Ιαπωνίας (η οποία χρειάστηκε περισσότερο χρόνο για την αφομοίωση των κανόνων, λόγω της τραπεζικής κρίσης στα τέλη του 1980 στο εσωτερικό της χώρας), όλα τα υπόλοιπα μέλη εφάρμοσαν τις προτάσεις μέχρι το 1992.

Αν και το Basel I Capital Accord δεν προοριζόταν για χώρες εκτός της Επιτροπής της Βασιλείας (δηλαδή για κράτη που δεν άνηκαν στους G10), πολλές αναπτυσσόμενες οικονομίες επέλεξαν να εφαρμόσουν τις προτάσεις και τους κανόνες της. Μολονότι σχετικές ειδοποιήσεις ήταν καταγεγραμμένες ρητά στο σύμφωνο, αναδυόμενες αγορές υιοθέτησαν τις πρακτικές του σαν δείγμα ισχύος και οικονομικής σταθερότητας με σκοπό την διεκδίκηση φθηνότερου χρήματος. Ως εκ τούτου, μέχρι το 1999, σχεδόν όλες οι χώρες, συμπεριλαμβανομένου της Ρωσίας και της Κίνας, κατείχαν τουλάχιστον μία πιστοποίηση της Επιτροπής.

3.1.2 Κριτική της Βασιλείας I

Το σύμφωνο της Βασιλείας, καινοτόμο για την εποχή εκείνη και άκρως απαραίτητο, δέχτηκε αρκετή κριτική σε κάποια βασικά σημεία. Όπως αναφέρθηκε, το Basel I Accord δημιουργήθηκε από τα κράτη μέλη της Επιτροπής της Βασιλείας για τη διαχείριση του πιστωτικού κινδύνου και απευθυνόταν αποκλειστικά στο εσωτερικό της. Η εφαρμογή του σε παγκόσμιο επίπεδο έθετε τις εκτός Επιτροπής χώρες σε μεγάλο χρηματοοικονομικό κίνδυνο, καθώς τα θεμέλια στα οποία βασιζόταν δεν ήταν υπαρκτά στις μη αναπτυγμένες οικονομικά χώρες.

Παράλληλα, η δεύτερη ομάδα των επικρίσεων ασχολείται με τον τρόπο με τον οποίο η Βασιλεία I δόθηκε στη δημοσιότητα και υλοποιήθηκε από τις τραπεζικές αρχές. Η λανθασμένη απόδοση των συστάσεων του συμφώνου και η επιθυμία θέσπισης των όρων οδήγησε τις ρυθμιστικές αρχές σε μία υπεργενίκευση και υπερβολή στην εφαρμογή τους. Ως εκ τούτου, δημιουργήθηκε η εσφαλμένη εντύπωση ότι η Βασιλεία I αποτελούσε το πρώτο και τελευταίο προαπαιτούμενο για την επίτευξη σταθερότητας του τραπεζικού τομέα⁴. Αντίκτυπο αυτού του φαινομένου ήταν η αναγκαία και βεβιασμένη εναρμόνιση με τους κανόνες του Basel I Accord, χωρών που ανήκαν σε μη αναπτυγμένες οικονομίες.

Η τελευταία ασκούμενη κριτική στις μεθόδους του συμφώνου αφορούσε τα λανθασμένα κίνητρα που λάμβαναν οι τράπεζες. Λόγω των απόλυτων κανόνων

⁴Bryan J. Balin, “Basel I, Basel II, and Emerging Markets: A Nontechnical Analysis” (2008) σελ. 4.

που προωθούσε η Βασιλεία I οι τραπεζικοί οργανισμοί είχαν βρεί εναλλακτικές για να διαφεύγουν των αυστηρών προτύπων που είχαν επιβληθεί, δημιουργώντας έτσι ένα πιο διακινδυνευμένο χρηματοοικονομικό περιβάλλον.

3.2 Βασιλεία II - Basel II: A Revised Framework on International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards

Η τραπεζική κρίση του 1990, σε συνδυασμό με τις κριτικές που ασκήθηκαν στη Βασιλεία I οδήγησαν στη δημιουργία ενός νέου, πιο ολοκληρωμένου συμφώνου κεφαλαιακής επάρκειας, με το επίσημο όνομα “Basel II: A Revised Framework on International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards”. Η Βασιλεία II διευρύνει το πεδίο εφαρμογής διατηρώντας τη δομή των πυλώνων που υπήρχε στη Βασιλεία I. Παράλληλα, καλύπτονται πρόσφατες προσεγγίσεις στον πιστωτικό κίνδυνο, ενώ εισάγονται και νέες περιπτώσεις, όπως ο λειτουργικός και ο κίνδυνος επιτοκίου.

Σύγκριση των ρυθμιστικών πλαισίων Βασιλεία I και Βασιλεία II	
Βασιλεία I	Βασιλεία II
Αποκλειστικά για τις κεφαλαιακές υποχρεώσεις	Τρεις πυλώνες
Μία μέθοδος για όλους	Μενού μεθόδων
Μη ευαίσθητη κατά τον πιστωτικό κίνδυνο	Ευαίσθητη κατά τον πιστωτικό κίνδυνο

Πίνακας 3.1: Σύγκριση των ρυθμιστικών πλαισίων Βασιλεία I και Βασιλεία II

3.2.1 Α' πυλώνας - Ελάχιστες Κεφαλαιακές Απαιτήσεις (Minimum Capital Requirements)

Ο πρώτος πυλώνας (“Minimum Capital Requirements”) όπως και στη Βασιλεία I, αφορά μεθόδους προσδιορισμού των κεφαλαιακών απαιτήσεων έναντι των κινδύνων που τα πιστωτικά ιδρύματα κατά κανόνα αντιμετωπίζουν στο πλαίσιο της άσκησης των δραστηριοτήτων, ενώ επίσης καθιερώνονται κεφαλαιακές απαιτήσεις και για το λειτουργικό κίνδυνο. Προς απάντηση των επικριτών της, στη Βασιλεία II το ενεργητικό των θυγατρικών εταιρειών προσμετράται στις ελάχιστες κεφαλαιακές απαιτήσεις, καλύπτοντας έτσι ορισμένα κενά που υπήρχαν στο πρώτο σύμφωνο και επέτρεπαν στις επιχειρήσεις να αποκρύπτουν υψηλά στοιχεία ρίσκου μέσω των θυγατρικών τους, με αποτέλεσμα να αναλαμβάνουν επιπλέον κινδύνους.

Οι Βασιλεία I και II επικεντρώνονται στον πιστωτικό κίνδυνο, δηλαδή τα ποσοστά στάθμισης των κεφαλαιακών απαιτήσεων σχετίζονταν άμεσα με την πιστοληπτική ικανότητα του εκάστοτε οργανισμού. Παράλληλα, στο νέο σύμφωνο, η Επιτροπή της Βασιλείας καταγράφει επιπρόσθετους κανόνες για άλλες μορφές κινδύνου, όπως ο λειτουργικός.

Υπολογισμός κεφαλαιακών απαιτήσεων έναντι του Πιστωτικού Κινδύνου

Όσον αφορά την αποτίμηση του πιστωτικού κινδύνου εισάγονται οι εξής μεθοδολογίες:

- Υπολογισμός Κεφαλαιακών Απαιτήσεων έναντι του Πιστωτικού Κινδύνου σύμφωνα με την Τυποποιημένη Προσέγγιση (Standardized Approach)
- Υπολογισμός Κεφαλαιακών Απαιτήσεων έναντι του Πιστωτικού Κινδύνου σύμφωνα με την Προσέγγιση Εσωτερικών Διαβαθμίσεων (The Internal Ratings Based Approach (IRB))

Standardized Approach Η μέθοδος Standardized Approach επεκτείνει την έννοια του συντελεστή βαρύτητας μέσω μιάς βαθμολόγησης, η οποία πλέον θα προέρχεται από αναγνωρισμένους Εξωτερικούς Οργανισμούς Πιστοληπτικής Αξιολόγησης (ΕΟΠΑ). Συγκεκριμένα, για κρατικά ομόλογα με βαθμολογία από AAA έως AAA- αναλογεί ένας συντελεστής 0%, ενώ για A+ έως A- αντιστοιχεί 20%. Με παρόμοιο τρόπο προκύπτουν οι υπόλοιπες διαβαθμίσεις, όπως φαίνονται στον Πίνακα 3.2⁵.

Αξιολόγηση κρατικών ομολόγων	AAA έως AA-	A+ έως A-	BBB έως BBB-	BB+ έως B-	Κάτω από B-	Χωρίς διαβάθμιση
Συντελεστής βαρύτητας	0%	20%	50%	100%	150%	100%

Πίνακας 3.2: Αξιολόγηση κρατικών ομολόγων βάση του συμφώνου ‘Βασιλεία II’

Στην περίπτωση των τραπεζικών απαιτήσεων προβλέπονται δύο επιλογές στάθμισης του κινδύνου. Στην πρώτη, οι εγκεκριμένες εποπτικές αρχές διαβαθμίζουν τις τράπεζες τις εκάστοτε χώρες κατά ένα επίπεδο χαμηλότερα από το συντελεστή εκείνο με τον οποίο βαθμολογήθηκαν τα αντίστοιχα εγχώρια κρατικά ομόλογα. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που τα ομόλογα μιας χώρας έχουν βαθμολογηθεί ως A+, τότε ο συντελεστής βαρύτητας που θα αντιστοιχεί στις τράπεζες θα είναι 50%, χωρίς ωστόσο αυτός να είναι δυνατόν να υπερβεί το 100% (στην περίπτωση δηλαδή που η διαβάθμιση των ομολόγων είναι κάτω του BB+). Στη δεύτερη επιλογή οι συντελεστές κινδύνου για τις τραπεζικές απαιτήσεις ακολουθούν την ίδια λογική με αυτή των ομολόγων, με τη διαφορά ότι για μη βαθμολογημένες απαιτήσεις αντιστοιχεί συντελεστής της τάξεως του 50%.

Την ίδια λογική στάθμισης του κινδύνου ακολουθούν οι απαιτήσεις από άλλους κρατικούς μηχανισμούς, καθώς επίσης και στις περιπτώσεις των επιχειρήσεων ή στεγαστικών δανείων με διάφορες προσαρμογές ανάλογα την κατηγορία. Μάλιστα, μία από τις κύριες αιτίες της χρηματοπιστωτικής κρίσης στην Αμερική το 2007 ήταν η αλόγιστη και εσφαλμένη βαθμολόγηση στεγαστικών δανείων υψηλού κινδύνου, με αποτέλεσμα ένα ντόμινο αντιδράσεων στο αμερικανικό και ευρωπαϊκό τραπεζικό και κτηματομεσιτικό τομέα.

The Internal Ratings Based Approach (IRB) Ως σύστημα διαβάθμισης νοείται το σύνολο των μεθόδων, διαδικασιών, ελέγχων, συστημάτων συλλογής δεδομένων και πληροφοριακών συστημάτων που υποστηρίζουν την αξιολόγηση του πιστωτικού κινδύνου, την ταξινόμηση των ανοιγμάτων σε βαθμίδες κινδύνου ή σε ομάδες με ομοειδή χαρακτηριστικά και την ποσοτική εκτίμηση της πιθανότητας αθέτησης και της ζημίας για δεδομένο είδος ανοίγματος.

⁵Basel Committee on Banking Supervision, “Basel II: International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: A Revised Framework - Comprehensive Version”, sel. 19.

Η Προσέγγιση Εσωτερικών Διαβαθμίσεων εισάγει μία εξ ολοκλήρου νέα μέθοδο υπολογισμού των κεφαλαιακών απαιτήσεων έχοντας ως βάση τις ακόλουθες παραμέτρους κινδύνου⁶:

- την πιθανότητα αθέτησης υποχρέωσης του πιστούχου (Probability of Default - PD)
- τη ζημιά του πιστωτικού ιδρύματος σε περίπτωση αθέτησης (Loss Given Default - LGD)
- την αξία του ανοίγματος σε περίπτωση αθέτησης (Exposure at Default - EAD)
- την ωρίμανση⁷ (Maturity - M)

Υπολογίζοντας τα άνωθεν από τα ιστορικά στοιχεία των πελατών της τράπεζας, η μέθοδος IRB επιτρέπει στους πιστωτικούς οργανισμούς να διατηρούν εσωτερικά συστήματα βαθμολόγησης του κινδύνου, με τη συμβολή των ρυθμιστικών αρχών. Για τη χρήση της εν λόγω προσέγγισης απαιτείται η έγκριση από την αρμόδια εποπτική αρχή, που στην περίπτωση της Ελλάδας πρόκειται για την Τράπεζα της Ελλάδος, η οποία περιλαμβάνει διάφορες προαπαιτήσεις όπως η επάρκεια των εσωτερικών συστημάτων απέναντι στην ποσοτικοποίηση του κινδύνου, τη διαβάθμιση των πιστούχων κ.α.

Η προσέγγιση IRB παρουσιάστηκε αρχικά με το Foundation IRB, το οποίο στη συνέχεια εξελίχθηκε και δημιουργήθηκε μία δεύτερη προσέγγιση εσωτερικών διαβαθμίσεων, γνωστή ως Advanced IRB. Η ειδοποιός διαφορά των δύο μεθόδων έγκειται στη δυνατότητα που παρέχεται από τη δεύτερη στις ίδιες τις τράπεζες να υπολογίζουν το ύψος των σταθμισμένων χρηματοδοτικών ανοιγμάτων τους, καθώς και τις παραμέτρους Loss Given Default (LGD), Exposure at Default (EAD), Maturity (M).

Διαφορές μεταξύ Foundation IRB και Advanced IRB				
Παράμετροι	Foundation IRB		Advanced IRB	
	Εποπτική Αρχή	Τράπεζα	Εποπτική Αρχή	Τράπεζα
Probability of Default (PD)		✓		✓
Loss Given Default (LGD)	✓			✓
Exposure at Default (EAD)	✓			✓
Maturity (M)	✓			✓

Πίνακας 3.3: Διαφορές μεταξύ Foundation IRB και Advanced IRB

Στη Foundation IRB οι εποπτικές αρχές έχουν το μεγαλύτερο έλεγχο υπολογίζοντας όλες τις παραμέτρους πλην της PD. Με το νέο Advanced IRB όλοι οι συντελεστές κινδύνου προσδιορίζονται από τις τράπεζες.

⁶<http://www.bankofgreece.gr>, Κανόνες Εποπτείας, Κεφαλαιακή Επάρκεια.

⁷Ως ωρίμανση ορίζουμε την ημερομηνία στην οποία θα εξοφληθεί ένα χρέογραφο και διακρίνεται σε βραχυπρόθεσμη (διάρκεια 1-3 έτη), μεσοπρόθεσμη (διάρκεια 3-10 έτη), μακροπρόθεσμη (διάρκεια μεγαλύτερη των 10 ετών).

Υπολογισμός κεφαλαιακών απαιτήσεων έναντι του Λειτουργικού Κινδύνου

Στη Βασιλεία II εισάγονται μέθοδοι υπολογισμού των κεφαλαιακών απαιτήσεων σε έναν κίνδυνο που δεν είχε ληφθεί υπόψιν προηγουμένως, το λειτουργικό κίνδυνο. Ως εκ τούτου, για τον καθορισμό του των απαραίτητων αποθεματικών ενός οργανισμού για τη θωράκισή του απέναντι σε ζημιές που οφείλονται στην αποτυχία εσωτερικών διεργασιών, στη λήψη λανθασμένων αποφάσεων ή σε εξωτερικούς παράγοντες, η Βασιλεία II προτείνει τις εξής τρεις μεθόδους:

Μέθοδος του βασικού δείκτη (Basic Indicator Approach - BAA)

Στη μέθοδο αυτή προτείνεται από το σύμφωνο Βασιλεία II, κάθε τραπεζικός οργανισμός να διατηρεί ένα κεφάλαιο ίσο με το 15% του μέσου τζίρου των τελευταίων 3 ετών, με τη δυνατότητα το ποσοστό αυτό να προσαρμόζεται από τους ρυθμιστές αναλόγως με την περίπτωση.

Τυποποιημένη μέθοδος (The Standardized Approach - STA)

Με βάση αυτήν την προσέγγιση προτείνεται η ομαδοποίηση κάθε πιστωτικού οργανισμού σε κατηγορίες με βάση τις επιχειρηματικές του ιδιότητες. Σε κάθε ομάδα αντιστοιχεί ένα συγκεκριμένο ποσοστό του κεφαλαίου, το οποίο οι τράπεζες πρέπει να έχουν διαθέσιμο έτσι ώστε να είναι οικονομικά ασφαλείς απέναντι στον λειτουργικό κίνδυνο. Έτσι, λιγότερο επικίνδυνες λειτουργικά τράπεζες, όπως οι εμπορικές, διαθέτουν χαμηλότερο συντελεστή σε αντίθεση με εκείνες που δραστηριοποιούνται στον τομέα του Corporate Banking.

Εναλλακτική τυποποιημένη μέθοδος (Advanced Measurement Approach - AMA)

Πρόκειται για μία μέθοδο αρκετά πιο απαιτητική για τις ρυθμιστικές αρχές αλλά και για τις τράπεζες: επιτρέπει στους πιστωτικούς οργανισμούς την ανάπτυξη εσωτερικών υπολογισμών του λειτουργικού κινδύνου, με τη σύμφωνη έγκριση των ρυθμιστικών αρχών. Η AMA, κατ' αναλογία με την Advanced IRB, προωθεί την ισοστάθμιση των κινδύνων στο εσωτερικό των τραπεζών έτσι ώστε να επιτευχθεί η πενιθρία της αγοράς μέσω της αυτο-συντήρησης, ενώ παράλληλα προσδοκά την ένταξη τους στο γενικότερο 'πνεύμα' της εποπτείας.

Υπολογισμός Κεφαλαιακών Απαιτήσεων των Πιστωτικών Ιδρυμάτων για τον Κίνδυνο Αγοράς

Η τελευταία κατηγορία που αναφέρεται στον πρώτο πυλώνα είναι ο υπολογισμός κεφαλαιακών απαιτήσεων των Πιστωτικών Ιδρυμάτων έναντι του κινδύνου αγοράς (market risk). Όπως έχουμε αναφέρει, πρόκειται για τον κίνδυνο της απώλειας λόγω μεταβολής των τιμών των περιουσιακών στοιχείων, ο οποίος μπορεί να διαχωριστεί περαιτέρω στους εξής βασικούς κινδύνους: τον κίνδυνο επιτοκίου (interest rate) και τον κίνδυνο μεταβλητότητας (volatility risk).

Τα περιουσιακά στοιχεία τα οποία επηρεάζουν τον κίνδυνο αγοράς είναι είτε τίτλοι σταθερής απόδοσης είτε μεταβλητής, όπως στην περίπτωση των μετοχών ή των προϊόντων συναλλάγματος. Για τα πάγια περιουσιακά στοιχεία προτείνεται για πρώτη φορά η μέθοδος αποτίμησης κινδύνου Value at Risk, παράλληλα με την προσέγγιση IRB, παρέχοντας επίσης τη δυνατότητα στις τράπεζες να αναπτύξουν τα εσωτερικά συστήματα ρύθμισης για το προσδιορισμό του αποθεματικού προστασίας έναντι των κινδύνων επιτοκίου και μεταβλητότητας.

Για τις τράπεζες που επιλέγουν, ή δεν μπορούν, να χρησιμοποιήσουν το VaR προτείνονται δύο εναλλακτικές μεθοδολογίες ανάλογα τον κίνδυνο που χρειάζεται να αντιμετωπιστεί. Για τον κίνδυνο επιτοκίου, οι συντελεστές βαρύτητας είναι συσχετισμένοι με την ωρίμανση (maturity) του περιουσιακού στοιχείου έτσι ώστε στα βραχυπρόθεσμα στοιχεία να αντιστοιχεί συντελεστής βαρύτητας 0%, ο οποίος αυξάνει στην περίπτωση των μεσοπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων. Για τον κίνδυνο μεταβλητότητας οι συντελεστές στάθμισης συνδέονται με τις διαβαθμίσεις αξιολόγησης που προκύπτουν από τον πιστωτικό κίνδυνο. Ως εκ τούτου, η διαβάθμιση AAA έως AA- αντιστοιχεί σε 0%, ενώ για A+ έως BBB προκύπτει 0.25%. Με ανάλογο τρόπο καθορίζονται και οι υπόλοιποι συντελεστές.

Συνολική κεφαλαιακή επάρκεια

Μία τράπεζα, έχοντας ορίσει τις κεφαλαιακές απαιτήσεις της έναντι στο λειτουργικό κίνδυνο και τον κίνδυνο αγοράς και έχοντας επίσης προσαρμόσει τα περιουσιακά στοιχεία της με βάση τον πιστωτικό κίνδυνο, είναι σε θέση να υπολογίσει τα αποθεματικά κεφάλαια που χρειάζεται έτσι ώστε να επιτυχεί 'κεφαλαιακή επάρκεια', όπως αυτή καθορίζεται από τη Βασιλεία II. Συνοπτικά η επάρκεια υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$R = 0.08 * R.W.A. + O.R.R. + M.R.R.$$

όπου:

R=Συνολικές κεφαλαιακές απαιτήσεις

R.W.A.=Κεφαλαιακές απαιτήσεις έναντι στο Λειτουργικό Κίνδυνο

M.R.R.=Κεφαλαιακές απαιτήσεις έναντι στον Κίνδυνο Αγοράς

3.2.2 Β΄ Πυλώνας - Διαδικασία εποπτικής αξιολόγησης (Supervisory Review Process)

Η διαδικασία της εποπτικής αξιολόγησης στοχεύει όχι μόνο στη διασφάλιση της κεφαλαιακής επάρκειας των χρηματοπιστωτικών οργανισμών αλλά και στην ενθάρρυνση τους προς την υιοθέτηση καλύτερων τεχνικών διαχείρισης κινδύνου.

Ο δεύτερος πυλώνας νωματώθηκε στο ελληνικό δίκαιο με τη ΠΔ/ΤΕ 2592/20.8.2007, η οποία είχε ως θέμα⁸ τη 'Δημοσιοποίηση από τα πιστωτικά ιδρύματα εποπτικής φύσεως πληροφοριών σχετικά με την κεφαλαιακή επάρκεια, τους κινδύνους που αναλαμβάνουν καθώς και τη διαχείριση τους'. Ουσιαστικά αφορά τα στοιχεία και τις πληροφορίες που τα πιστωτικά ιδρύματα οφείλουν να δημοσιοποιούν έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η επιθυμητή διαφάνεια. Έτσι, κάθε οργανισμός οφείλει να αναφέρει την μέθοδο την οποία χρησιμοποιεί για τον καθορισμό της κεφαλαιακής επάρκειας (δηλαδή την Τυποποιημένη Μέθοδο ή τη Μέθοδο Εσωτερικών Διαβαθμίσεων), να δημοσιοποιεί τους στόχους και την πολιτική διαχείρισης για κάθε ξεχωριστό είδος κινδύνου, περιλαμβάνοντας τις στρατηγικές και τις διαδικασίες στις οποίες βασίζεται. Επιπροσθέτως, χρειάζεται να καταγράφεται η διάρθρωση και η οργάνωση του ανάλογου τμήματος, καθώς και οι πολιτικές αντιστάθμισης και μείωσης του κάθε κινδύνου, όπως επίσης και η αποτελεσματικότητά τους.

⁸www.bankofgreece.gr, Πράξη Διοικητή Αριθμ. 2592/20.8.2007, η οποία αντικαταστάθηκε από την Πράξη Διοικητή Αριθμ. 2655/19.3.2012.

Η διαδικασία εποπτικής αξιολόγησης αναγνωρίζει την ευθύνη των τραπεζών στην ανάπτυξη μιας εσωτερικής διαδικασίας αξιολόγησης με την οποία θα καθορίζονται κεφαλαιακοί στόχοι ανάλογοι με το προφίλ τους. Ρόλος των εποπτικών αρχών είναι η αξιολόγηση των μεθόδων αντιστάθμισης κινδύνου των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων, και η παρέμβασή τους όπου κρίνεται απαραίτητο. Αυτή η αλληλεπίδραση προωθεί τον ενεργό διάλογο μεταξύ των τραπεζών και των εποπτικών αρχών, έτσι ώστε όταν εντοπίζονται ελλείψεις, να είναι δυνατόν να ληφθούν άμεσες αποφάσεις για την αντιμετώπισή τους ή την αποκατάσταση της κεφαλαιακής επάρκειας.

3.2.3 Γ' Πυλώνας - Πειθαρχία της αγοράς (Market Discipline)

Ο σκοπός του τρίτου πυλώνα είναι να συμπληρώσει τη διαδικασία του υπολογισμού των ελάχιστων κεφαλαιακών απαιτήσεων (Α' πυλώνας) και της εποπτικής αξιολόγησης (Β' Πυλώνας). Συγκεκριμένα, τα οικονομικά στοιχεία των τραπεζικών ιδρυμάτων προτείνεται να είναι διαθέσιμα, όχι μόνο στις αρμόδιες εποπτικές αρχές, αλλά και στο ευρύ κοινό. Στατιστικές μετρήσεις όπως τα συνολικά ποσά του πλεονάζοντος κεφαλαίου, οι σταθμισμένοι δείκτες της κεφαλαιακής επάρκειας, τα ελάχιστα αποθεματικά για τον πιστωτικό, το λειτουργικό κίνδυνο και το κίνδυνο αγοράς καθώς και μία πλήρης περιγραφή για την στρατηγική κάθε τράπεζας συνιστάται να δημοσιοποιείται σε ένα τριμηνιαίο δελτίο στο κοινό, σύμφωνα με τα πρότυπα της Βασιλείας II. Με αυτήν την τακτική επιχειρείται μία 'αυτοπειθαρχία' της αγοράς κατά την οποία λαμβάνουν μέρος και οι εκάστοτε μέτοχοι, ώντας σε θέση να επιλέξουν τις κατάλληλες επιχειρηματικές κινήσεις με βάση τα δημοσιοποιημένα δελτία των πιστωτικών ιδρυμάτων.

3.2.4 Εφαρμογή της Βασιλείας II

Η Βασιλεία II σχεδιάστηκε για να ενισχύσει την προστασία των χρηματοπιστωτικών οργανισμών ενάντια στο κίνδυνο. Απαιτώντας από τις τράπεζες να λαμβάνουν υπόψην περισσότερες μορφές ρίσκου στόχευε στον επαρκή υπολογισμό των κεφαλαίων τους καθώς επίσης και στις καλύτερες αξιολογήσεις των εποπτικών μηχανισμών.

Αν και η Βασιλεία II παρουσίαζε σαφείς βελτιώσεις από το προηγούμενο σύμφωνο, η χρηματοπιστωτική κρίση του 2008 έφερε στην επιφάνεια τις αδυναμίες της. Συγκεκριμένα, επικρίθηκε έντονα για την εξάρτηση των τραπεζών από τους οργανισμούς αξιολόγησης αλλά και για τα μεταξύ τους αντικρουόμενα συμφέροντα που σε πολλές περιπτώσεις δημιουργούνταν.

Η αποτυχία των ιδρυμάτων αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας να εκτιμήσουν τον κίνδυνο των σύνθετων χρηματοοικονομικών προϊόντων συντέλεσε στην πρόκληση της πρόσφατης παγκόσμιας οικονομικής κρίσης. Σε πολλές περιπτώσεις, οι βαθμολογίες δεν αντανακλούσαν τα ριψοκίνδυνα χαρακτηριστικά ενός asset και, ως εκ τούτου, οι συμβαλλόμενοι στην αγορά αγνοούσαν την πραγματική πιστοληπτική τους αξία. Με άλλα λόγια, μέσω των οργανισμών αξιολόγησης δημιουργήθηκε ένα εικονικό, μη ρεαλιστικό περιβάλλον στον χρηματοοικονομικό κόσμο το οποίο κατέρρευσε εν μία νυκτί. Παράλληλα, δημιουργήθηκε ένα φαινόμενο χρηματισμού των εποπτικών μηχανισμών από τράπεζες, με στόχο την εξασφάλιση μιάς ευνοϊκότερης βαθμολογίας από αυτήν που θα αντικατόπτριζε την πραγματικότητα.

Από την άλλη πλευρά, το πλαίσιο της Βασιλείας II δημιούργησε σύγκρουση συμφερόντων μεταξύ των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων και των ρυθμιστικών αρ-

χών. Οι δεύτερες απαιτούν την τήρηση των κανόνων φερεγγυότητας, ενώ οι πρώτες ενδιαφέρονται για την αύξηση των κεφαλαίων τους. Αναλυτικότερα, η συμμόρφωση των τραπεζών για την εξασφάλιση των κεφαλαιακών απαιτήσεων που καθορίζονται από την Επιτροπή της Βασιλείας περιορίζει πολλές φορές την κερδοφορία τους. Ως εκ τούτου, οι τράπεζες απέκρυπταν από το ευρύ κοινό στοιχεία, τα οποία πρόδιδαν τα προβλήματά τους, λόγω διαφόρων ευχερειών στον τρόπο υπολογισμού των κινδύνων τους. Ουσιαστικά, τροποποιούσαν τα στοιχεία του πιστωτικού κινδύνου τους συγκεντρώνοντας ριψοκίνδυνα προϊόντα (π.χ. στεγαστικά δάνεια, χρέη από πιστωτικές κάρτες κ.α.) σε ένα ενιαίο χαρτοφυλάκιο, το οποίο αργότερα πούλαγαν σε επενδυτές (ή ενδιάμεσους οργανισμούς) που δεν υπόκεινται υπό καθεστώς κεφαλαιακών απαιτήσεων.

3.3 Βασιλεία III

Οι διαδοχικές χρεωκοπίες των τραπεζών και των χρηματοπιστωτικών αγορών καθώς και η παγκόσμια οικονομική κατάρρευση κατά την χρηματοπιστωτική κρίση του 2008 ανέδειξαν την ανάγκη ενός βελτιωμένου ρυθμιστικού πλαισίου του τραπεζικού τομέα. Ως εκ τούτου, η Επιτροπή της Βασιλείας το Δεκέμβριο του 2010 δημοσίευσε τις ακόλουθες εκθέσεις: Basel III: A global regulatory framework for more resilient banks and banking system⁹ και Basel III: International framework for Liquidity risks measurement, standards and monitoring¹⁰. Η ημερομηνία έναρξης της προσαρμογής στο νέο πλαίσιο είχε οριστεί η 1η Ιανουαρίου 2013 με στόχο τη σταδιακή ένταξη των τραπεζών μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2019. Τα νέα αυτά μέτρα έχουν ως στόχο:

- τη βελτίωση της ικανότητας του τραπεζικού τομέα να απορροφά τους κραδασμούς που προκύπτουν από την χρηματοπιστωτική και οικονομική πίεση, ανεξαρτήτως από την πηγή που την προκαλεί.
- τη βελτίωση της διαχείρισης του κινδύνου.
- την ενίσχυση της διαφάνειας των τραπεζών.

Μέσω του νέου πλαισίου, η Επιτροπή στοχεύει στην ενδυνάμωση της σταθερότητας των τραπεζών και τις προετοιμάζει για συνθήκες ακραίων χρηματοπιστωτικών σεναρίων. Παράλληλα, αντικατοπτρίζεται η προσπάθεια βελτίωσης της ποιότητας μορφών κεφαλαίων (καταβεβλημένο μετοχικό κεφάλαιο, εμφανή αποθεματικά κ.α.) και της διαφάνειας των ιδρυμάτων, έτσι ώστε να ενισχυθεί η ικανότητα τους να απορροφούν τυχούσες οικονομικές κρίσεις και ζημιές. Στο νέο σύμφωνο γίνεται μία αναθεώρηση, εισάγοντας πολλές βελτιώσεις, όσον αφορά τους τρεις πυλώνες της Βασιλείας II. Ενισχύεται ο πυλώνας I με συγκεκριμένες αλλαγές στις κεφαλαιακές απαιτήσεις, θεσπίζοντας καλύτερη κάλυψη στον κίνδυνο μέσω ενός νέου συντελεστή μόχλευσης. Επιπλέον, νέες απαιτήσεις ρευστότητας ενσωματώνονται στον Πυλώνα I για την καλύτερη μέτρηση του αντίστοιχου κινδύνου.

Στην αρχική έκθεση της επιτροπής, Basel III: A global regulatory framework for more resilient banks and banking system, τα θέματα που αναπτύχθηκαν αφορούσαν τις εξής μεταρρυθμίσεις και καινοτομίες:

⁹Το πλήρες αρχείο βρίσκεται εδώ: http://www.bis.org/publ/bcbs189_dec2010.pdf, καθώς και η αναθεωρημένη έκδοσή του: <http://www.bis.org/publ/bcbs189.pdf>.

¹⁰Το πλήρες αρχείο βρίσκεται εδώ: <http://www.bis.org/publ/bcbs188.pdf>, καθώς και η αναθεωρημένη έκδοσή του: <http://www.bis.org/publ/bcbs238.pdf> με το όνομα Basel III: The liquidity coverage ratio and liquidity risk monitoring tool.

- (i) Ελάχιστες κεφαλαιακές απαιτήσεις και αποθέματα ασφάλειας
- (ii) Κάλυψη ενάντια στον κίνδυνο
- (iii) Κεφαλαιακό απόθεμα ασφάλειας
- (iv) Αντικυκλικό κεφαλαιακό απόθεμα
- (v) Συντελεστής μόχλευσης

Η δεύτερη έκθεση, η οποία αναθεωρήθηκε το 2013 με το όνομα Basel III-The liquidity coverage ratio and liquidity risk monitoring tool, εστίασε στον κίνδυνο ρευστότητας μέσω των συντελεστών ρευστότητας (Liquidity Coverage Ratio, Net Stable Funding Ratio).

3.3.1 Ελάχιστες κεφαλαιακές απαιτήσεις και αποθέματα ασφάλειας - Minimum Capital Requirements and Buffers

Η πρόσφατη χρηματοπιστωτική κρίση ανέδειξε την ανεπάρκεια των κεφαλαιακών αποθεμάτων που διατηρούσαν οι τράπεζες, καθώς δεν εξασφαλίστηκε η προστασία τους ενάντια στις προκληθείσες ζημιές. Στο νέο ρυθμιστικό πλαίσιο ο δείκτης κεφαλαιακής επάρκειας θα συνεχίσει να αντιστοιχεί στο ποσοστό του 8% και θα ισούται με το λόγο των εποπτικών ιδίων κεφαλαίων προς τα σταθμισμένα στοιχεία του ενεργητικού της τράπεζας. Το σύνολο των ιδίων κεφαλαίων θα αποτελείται από¹¹:

- (i) τα βασικά ίδια κεφάλαια (Tier I Capital)
 - κύρια στοιχεία¹² (“common equity Tier 1 capital”).
 - πρόσθετα στοιχεία¹³ (“addition Tier 1 capital”).
- (ii) τα συμπληρωματικά ίδια κεφάλαια¹⁴ (Tier II Capital).

Τα κεφάλαια που εμπίπτουν στο Tier 3 Capital καταργούνται.

Οι ελάχιστοι συντελεστές διαμορφώνονται ως εξής¹⁵: Στα κύρια στοιχεία των βασικών ιδίων κεφαλαίων αντιστοιχίζεται ο συντελεστής 4,5% (από 2%), στο σύνολο των βασικών ιδίων κεφαλαίων αντιστοιχίζεται το ποσοστό των 6% (από 4%), ενώ ο δείκτης κεφαλαιακής επάρκειας συνεχίζει να ανέρχεται σε ποσοστό 8%. Επομένως, προκύπτει ότι τα πρόσθετα στοιχεία των βασικών ιδίων κεφαλαίων μπορούν να καλύπτουν έως το 1,5% ενώ τα συμπληρωματικά ίδια κεφάλαια δεν δύναται να υπερβάνουν το 2%. Για την προσαρμογή των τραπεζών στα ανωτέρω ποσοτικά όρια υπήρξε ένα σχεδιασμένο από την Επιτροπή χρονοδιάγραμμα με περιθώριο το έτος 2019.

¹¹BCBS (2011), Basel III: a global regulatory framework for more resilient bank and banking systems, σελ. 12 παρ. 49.

¹²Αφορά για παράδειγμα τις περιπτώσεις του μετοχικού κεφαλαίου σε μορφή κοινών μετοχών, τα εμφανή αποθεματικά.

¹³Αφορά για παράδειγμα τις προνομιούχες μετοχές (ή ομολογιακούς τίτλους) υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις όπως η μη καθορισμένη διάρκεια, το πλήρως καταβλημένο ποσό έκδοσης κ.α. καθώς και τίτλους εκδόσεως θυγατρικών εταιρειών υπό την εποπτεία οργανισμών κατεχόμενα από τρίτους.

¹⁴Αφορά για παράδειγμα τις προνομιούχες μετοχές (ή ομολογιακούς τίτλους) ορισμένης διάρκειας (τουλάχιστον πενταετίας) καθώς και τίτλους εκδόσεως θυγατρικών εταιρειών υπό την εποπτεία οργανισμών, που δεν εμπίπτουν στα πρόσθετα στοιχεία.

¹⁵BCBS (2011), Basel III: a global regulatory framework for more resilient bank and banking systems, σελ. 12 παρ. 50.

3.3.2 Κάλυψη ενάντια στον κίνδυνο - Risk coverage

Ένα από τα βασικά διδάγματα της κρίσης υπήρξε η ανάγκη της επαρκούς κάλυψης των κεφαλαίων έναντι σε κάθε μορφή ρίσκου. Ως εκ τούτου στόχος του νέου ρυθμιστικού πλαισίου δεν είναι μόνο η διασφάλιση της ποιότητας των κεφαλαίων αλλά και η εξασφάλιση ότι έχουν ληφθεί υπόψιν όλοι οι δυνατοί κίνδυνοι.

Η Βασιλεία III εστιάζει στα ανοίγματα στον πιστωτικό κίνδυνο του αντισυμβαλλόμενου που απορρέει από τα παράγωγα και τις δραστηριότητες τιτλοποίησης. Ενσωματώθηκαν περισσότερες κεφαλαιακές απαιτήσεις για την έκθεση στον πιστωτικό κίνδυνο του αντισυμβαλλόμενου (counterparty credit risk) καθώς οι τράπεζες οφείλουν πλέον να καλύψουν τον κίνδυνο της αγοράς σε αντίστοιχες απώλειες (Επιτροπή της Βασιλείας, 2011) ενώ επίσης τους επιτρέπονται λιγότερες εξωχρηματοστηριακές συναλλαγές (OTC-Over the counter). Παράλληλα, το πλαίσιο απαιτεί τις εσωτερικές αξιολογήσεις για τα ανοίγματα τιτλοποίησης ενώ παράλληλα εισάγει τον κώδικα καλής συμπεριφοράς (Code of Conduct Fundamentals) των θεσμικών οργάνων αξιολόγησης της πιστοληπτικής ικανότητας από την Επιτροπή Κεφαλαιαγοράς (IOSCO-International Organization of Securities Commission).

3.3.3 Κεφαλαιακό απόθεμα ασφάλειας - Capital Conservation Buffer

Στο πλαίσιο αυτό η επιτροπή στοχεύει στην προώθηση της διατήρησης ενός κεφαλαιακού αποθέματος ασφαλείας για τις περιόδους μεγάλης κρίσης. Έτσι σε ομαλές οικονομικά περιόδους, η δημιουργία αυτού του αποθέματος θα επιτρέψει την άντλησή του σε στιγμές που επικρατεί αποσταθεροποίηση χωρίς να επηρεάζονται οι λειτουργίες τους διατηρώντας τα ελάχιστα όρια κεφαλαιακής επάρκειας.

Κατά την έναρξη της χρηματοπιστωτικής κρίσης, υπήρχαν περιπτώσεις τραπεζών που συνέχισαν μια πορεία που δεν αντιστοιχούσε στην οικονομική τους κατάσταση, ζημιώνοντας τους καταθέτες αλλά επιδεινώνοντας επίσης τα ήδη υπάρχοντα εσωτερικά τους προβλήματα. Το πρόσθετο ρυθμιστικό πλαίσιο που προτάθηκε από την Επιτροπή αποτελείται από κύρια στοιχεία των βασικών ιδίων κεφαλαίων και αντιστοιχεί στο ποσοστό 2,5% των σταθμισμένων στοιχείων του ενεργητικού. Όμοια με τις άλλες μεταρρυθμίσεις, η εφαρμογή θα είναι σταδιακή, ξεκινώντας από 1η Ιανουαρίου 2016 έως την 1η Ιανουαρίου 2019.

3.3.4 Αντικυκλικό κεφαλαιακό απόθεμα - Countercyclical buffer

Οι ζημιές που μπορούν να προκύψουν στον τραπεζικό τομέα είναι δυνατόν να είναι εξαιρετικά μεγάλες, όταν έχει προηγηθεί μια περίοδος υπερβολικής πιστωτικής επέκτασης. Οι απώλειες αυτές αποσταθεροποιούν τον τραπεζικό τομέα και πυροδοτούν έναν φαύλο κύκλο, επηρεάζοντας την πραγματική οικονομία που με τη σειρά της μεταφέρει τα προβλήματά της στο χρηματοπιστωτικό σύστημα. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις τονίζουν τη σημασία που έχει η θωράκιση των τραπεζών σε περιόδους μεγάλης πίεσης.

Το αντικυκλικό ρυθμιστικό πλαίσιο προωθεί τη σύνδεση σε μακροοικονομικό επίπεδο των τραπεζών και του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο λειτουργούν. Κάθε μέλος της επιτροπής ορίζει την αρχή η οποία θα είναι υπεύθυνη για τον υπολογισμό του αντικυκλικού κεφαλαιακού αποθέματος, το οποίο θα κυμαίνεται¹⁶ από

¹⁶BCBS (2011), Basel III: a global regulatory framework for more resilient bank and banking

0% έως 2,5% του συνόλου των σταθμισμένων στοιχείων του ενεργητικού των τραπεζών, ανάλογα το συστημικό κίνδυνο. Το απόθεμα θα αποτελείται από κύρια χαρακτηριστικά των βασικών ιδίων κεφαλαίων και θα σχηματίζεται με επέκταση του κεφαλαιακού αποθέματος για λόγους συντήρησης. Περίοδος προσαρμογής έχει οριστεί από την 1η Ιανουαρίου 2016 έως την 1η Ιανουαρίου 2019.

3.3.5 Συντελεστής μόχλευσης - Leverage ratio

Ως μόχλευση ορίζουμε την πρακτική πολλαπλασιασμού της επιρροής ενός χρηματικού ποσού μέσω της χρήσης διαφόρων χρηματοπιστωτικών προϊόντων ή δανειακών κεφαλαίων με σκοπό την αύξηση της δυνητικής απόδοσης μιας επένδυσης. Ως χρηματοοικονομική μόχλευση ορίζουμε επίσης το δείκτη που εκφράζει το χρέος μιας επιχείρησης ως ποσοστό του μετοχικού κεφαλαίου. Υποδεικνύει δηλαδή το βαθμό εκείνο που ένας επενδυτής ή μία εταιρεία χρησιμοποιεί το χρήμα το οποίο έχει δανειστεί. Άλλες αναλογίες που μπορεί να εκφράζει είναι το χρέος προς όλα τα στοιχεία του ενεργητικού (εντός και εκτός ισολογισμού) ή το μακροπρόθεσμο χρέος προς το μακροπρόθεσμο κεφάλαιο της επιχείρησης.

Πιο συγκεκριμένα, στα πλαίσια του συμφώνου της Βασιλείας III, ως συντελεστή μόχλευση¹⁷ ορίζουμε το λόγο:

- τα βασικά ίδια κεφάλαια (Tier I), προς
- τα συνολικά ανοίγματα ή συνολική έκθεση (total exposure) του οργανισμού.

Σημειώνουμε ότι ο νέος αυτός συντελεστής ορίζεται σε τουλάχιστον 3%, ο οποίος θα δοκιμαστεί σε μία μεταβατική περίοδο μεταξύ 1η Ιανουαρίου 2013 έως 1η Ιανουαρίου 2017, και στη συνέχεια θα προσαρμοστεί καταλλήλως. Η τήρηση του ως άνω ορίου εξασφαλίζει την αποφυγή υπέρμετρου δανεισμού από τη μεριά των τραπεζών, σε αντίθεση με τα δεδομένα που ίσχυαν την περίοδο της κρίσης όταν η υψηλή μόχλευση υποθήκευσε τη σταθερότητα και άφησε το σύστημα εκτεθειμένο σε συστημικούς κινδύνους.

3.3.6 Συντελεστές ρευστότητας - Liquidity Ratios

Οι συντελεστές ρευστότητας περιλαμβάνουν το δείκτη κάλυψης ρευστότητας (Liquidity Coverage Ratio-LCR) και το δείκτη καθαρής σταθερής χρηματοδότησης (Net Stable Funding Ratio-NSFR) και αποτελούν βασικά συστατικά της Βασιλείας III. Πρόκειται για δύο νέα εργαλεία μέτρησης ρευστότητας που επιτρέπουν στις ρυθμιστικές αρχές τη σύγκριση δεδομένων όσον αφορά τον αντίστοιχο κίνδυνο. Η δημιουργία των νέων αυτών δεικτών οφείλεται στα ανεπαρκή αποθέματα ρευστότητας των τραπεζών κατά τη διάρκεια της κρίσης. Επίσης, αν και πολλά ιδρύματα είχαν επαρκή κεφαλαιακή επάρκεια, αντιμετώπισαν δυσκολίες λόγω της μη συνετής διαχείρισης της ρευστότητάς τους¹⁸. Το γεγονός αυτό ανέδειξε τη σημαντικότητα άμεσης αντιμετώπισης του κινδύνου ρευστότητας για την ομαλή λειτουργία του τραπεζικού συστήματος.

Η διαφορά ανάμεσα στους δύο δείκτες έγκειται στο χρόνο για τον οποίο απευθύνονται. Ο LCR είναι βραχυχρόνιος και στοχεύει στη διατήρηση επαρκών

systems, σελ. 58 παρ. 139.

¹⁷BCBS (2011), Basel III: a global regulatory framework for more resilient bank and banking systems, σελ. 61 παρ. 151.

¹⁸Χρήστος Γκόρτσος, 'Ρυθμιστική παρέμβαση και εποπτεία του χρηματοπιστωτικού τομέα', σελ. 525.

περιουσιακών στοιχείων άμεσα ρευστοποιήσιμων για περιπτώσεις αντίστοιχες τις κρίσεις. Ο NSFR είναι μακροχρόνιος και αποσκοπεί σε πιο σταθερές μορφές χρηματοδότησης. Οι εποπτικές αρχές πρόκειται να ξεκινήσουν να μετρούν τα LCR, NSFR το 2013, αλλά οι τράπεζες δεν θα είναι υποχρεωμένες να συμμορφωθούν με τα ελάχιστα όρια έως το 2018.

Δείκτης κάλυψης ρευστότητας - Liquidity Coverage Ratio

Ο δείκτης κάλυψης ρευστότητας υπολογίζεται ως ο λόγος των άμεσα ρευστοποιήσιμων στοιχείου ενεργητικού προς το σύνολο ταμειακών εκροών 30 ημερών και ορίζεται να είναι τουλάχιστον στο 100%. Σύμφωνα με έρευνες από την BIS (2011) μόλις το 46% από τις 116 εξεταζόμενες τράπεζες συμμορφώνονταν με τον παραπάνω δείκτη.

Δείκτης καθαρής σταθερής χρηματοδότησης - Net Stable Funding Ratio

Ο εν λόγω δείκτης ορίζεται ως ο λόγος της απαιτούμενης σταθερής χρηματοδότησης προς τη διαθέσιμη σταθερή χρηματοδότηση, όπου η σταθερή χρηματοδότηση ορίζεται ως κεφάλαιο συν προνομιούχες μετοχές και υποχρεώσεις με χρόνο ωρίμανσης ένα έτος ή περισσότερο, συν καταθέσεις ή κεφάλαια λήξης λιγότερο του ενός μηνός. Ομοίως, ο δείκτης αυτός ορίζεται να είναι τουλάχιστον 100%.

3.3.7 Εφαρμογή της Βασιλείας III και η κριτική που της ασκήθηκε

Το νέο ρυθμιστικό πλαίσιο της Βασιλείας III ξεκίνησε να εφαρμόζεται από το 2013, καθορίζοντας μία μεταβατική περίοδο διάρκειας 6 ετών. Εν τούτοις, μέχρι το 2019 οι τράπεζες θα διαθέτουν έναν επαρκή χρόνο προσαρμογής, ενώ παράλληλα ορισμένες από τις διατάξεις θα παρακολουθούνται και θα τροποποιούνται. Το περιθώριο που δίνεται για την αναπροσαρμογή των διατάξεων κρίνεται απολύτως αναγκαίο καθώς το νέο σύμφωνο περιλαμβάνει αρκετες τροποποιήσεις αλλά και καινοτομίες στο εσωτερικό του με τις οποίες οφείλουν να συμμορφωθούν οι τράπεζες, οι οποίες με τη σειρά τους χρειάζονται τον απαιτούμενο χρόνο για την επιτυχή ένταξή τους. Ωστόσο, οι διάφορες τροποποιήσεις στη διάρκεια αυτών των ετών μπορούν να οδηγήσουν σε μία ασάφεια όσον αφορά τους κανόνες που πρέπει να ακολουθηθούν, ενώ παράλληλα θα επηρεάσουν την ομαλή συμμόρφωση των ιδρυμάτων.

Με τη Βασιλεία III οι ρυθμιστικές αρχές στοχεύουν στη δημιουργία ενός περιβάλλοντος σταθερότητας του χρηματοπιστωτικού τομέα, ιδιαιτέρως έπειτα τα πρόσφατα γεγονότα του 2008. Υπάρχουν, όμως, περιπτώσεις κατά τις οποίες το νέο πλαίσιο έχει επικριθεί για τάσεις υπερβολικής παρέμβασης overregulation¹⁹ με αρνητικές επιπτώσεις στον πραγματικό τομέα της οικονομίας και της ανάπτυξης. Υπάρχουν ήδη φαινόμενα περιορισμού προσφοράς δανειακών κεφαλαίων με ο,τι αυτό συνεπάγεται στην επιχειρηματικότητα μίας χώρας. Είναι ανάγκη, ως εκ τούτου, οι προσεκτικές εκτιμήσεις συμφωνά με τις οποίες παρέχονται οι εγκρίσεις των δανείων σε κάθε πιθανή οικονομική περίοδο.

¹⁹Χρήστος Γκόρτσος, 'Ρυθμιστική παρέμβαση και εποπτεία του χρηματοπιστωτικού τομέα', σελ. 535.

Οι χρηματοπιστωτικοί οργανισμοί, στην προσπάθεια συμμόρφωσής τους στη Βασιλεία ΙΙΙ, θα οδηγηθούν στην ανάγκη μείωσης του κόστους τους το οποίο θα μπορέσουν να επιτύχουν μέσω της μετατόπισης των δραστηριοτήτων τους σε χώρες με πιο ήπια ρυθμιστική παρέμβαση ή σε τμήματα με πιο χαλαρό εποπτικό πλαίσιο (shadow banking system). Επιπλέον, οι μη δοκιμασμένες χρηματοπιστωτικές καινοτομίες που εντάσσονται μπορούν να οδηγήσουν σε κινδύνους που σήμερα δεν έχουν εντοπιστεί.

Συνοψίζοντας, οι ρυθμιστικές αρχές, μετά τα γεγονότα της παγκόσμιας χρηματοπιστωτικής κρίσης, φέρουν ακόμη μεγαλύτερη ευθύνη, όχι μόνο όσον αφορά την ομαλή εφαρμογή των διατάξεων του συμφώνου, αλλά και για τη συνεχή παρακολούθησή του, αναλόγως προσαρμοσμένη σε κάθε χώρα, με στόχο την έγκαιρη βελτίωσή του.

Κεφάλαιο 4

Μέτρα Κινδύνου - Η μέθοδος Value At Risk

Σκοπός του κεφαλαίου είναι η εισαγωγή του αναγνώστη στη λογική της ποσοτικής μέτρησης του κινδύνου (ευαισθησία, μεταβλητότητα, καθοδική απόκλιση). Θα γίνει μια περαιτέρω εμβάθυνση στη μεθοδολογία Value at Risk, η οποία αποτιμά τα είδη των κινδύνων που αναφέρθηκαν, υπολογίζοντας τη μέγιστη δυνατή ζημιά για μία συγκεκριμένη πιθανότητα. Θα οριστούν οι παραμέτροι της VaR, τα βασικά στάδια υπολογισμού της καθώς και οι αδυναμίες που εμφανίζει. Το κεφάλαιο θα ολοκληρωθεί με την παρουσίαση της ανάλυσης σεναρίων (scenario analysis), του επανέλεγχου (BackTesting) και της ανάλυσης ακραίων σεναρίων (StressTesting), τριών συμπληρωματικών διεργασιών, απαραίτητων για την αξιοπιστία της VaR.

4.1 Μέτρα Κινδύνου

Ο στόχος κάθε χρηματοπιστωτικού οργανισμού και επιχείρησης είναι να προσδιορίσει τους κινδύνους στους οποίους εκτίθεται και με κατάλληλες μεθόδους να τους ποσοτικοποιήσει. Μία εταιρεία, γνωρίζοντας το βαθμό έκθεσης της απέναντι στον κίνδυνο είναι εφικτό να υπολογίσει την κεφαλαιακή επάρκεια και τα αποθέματα της, έτσι ώστε να είναι οικονομικά ασφαλής και φερέγγυα.

Ως μέτρο κινδύνου ορίζουμε:

Ορισμός 4.1.1. Έστω Ω ο δειγματικός χώρος των τελικών καταστάσεων, X μία τυχαία μεταβλητή που αναπαριστά τον κίνδυνο και $G = \{X|X : W \rightarrow \mathbb{R}\}$. Ορίζουμε ως μέτρο κινδύνου τη συνάρτηση r , τέτοια ώστε να απεικονίζει κάθε κίνδυνο X σε έναν πραγματικό και μη αρνητικό αριθμό $r[X]$.

Ουσιαστικά η συνάρτηση r ποσοτικοποιεί τον κίνδυνο της τυχαίας μεταβλητής X , όπου X μία κατάσταση κινδύνου. Επομένως, μια υψηλή τιμή $r[X]$ υποδεικνύει ότι η τ.μ. X είναι επικίνδυνη, οπότε ένα απόθεμα αντίστοιχου ύψους είναι απαραίτητο για την εύρυθμη λειτουργία της εταιρείας.

Θεωρούμε, για παράδειγμα, ως X την πιθανή ζημιά (possible loss) ενός χαρτοφυλακίου για έναν προκαθορισμένο χρονικό ορίζοντα. Τότε, η $r(X)$ αντικατοπτρίζει την ποσότητα του κεφαλαίου που πρέπει να είναι διαθέσιμη στο δοσμένο χαρτοφυλάκιο, έτσι ώστε να γίνει αποδεκτή η έκθεσή του στον κίνδυνο, σύμφωνα με οικονομικούς και κρατικούς κανονισμούς. Αν $r(X) > 0$ υποδεικνύει το πόσο

που χρειάζεται να προστεθεί για να είναι φερέγγυο το παρατηρούμενο χαρτοφυλάκιο. Αντίστοιχα, αν $r(X) < 0$, τότε λαμβάνουμε ένα 'περιθώριο', έως ότου ο παράγοντας X να θεωρηθεί επικίνδυνος¹.

4.1.1 Συνεπή Μέτρα Κινδύνου - Ιδιότητες

Προκειμένου να οδηγούμαστε σε αξιόπιστες εκτιμήσεις, τα μέτρα κινδύνου πρέπει να ακολουθούν τις ιδιότητες που θα δούμε παρακάτω.

Ορισμός 4.1.2. Έστω X, Y δύο τυχαίες μεταβλητές των αποδόσεων χαρτοφυλακίων με μέτρα κινδύνου $r(X)$ και $r(Y)$ αντιστοίχως. Ως συνεπές μέτρο κινδύνου ορίζουμε το μέτρο $r(\cdot)$ που ικανοποιεί τις ακόλουθες ιδιότητες:

ο Μονοτονία (Monotonicity): Αν

$$Pr(X \leq Y) = 1 \Rightarrow r(X) \leq r(Y), \forall X, Y \quad (4.1)$$

ο Υποπροσθετικότητα (Subadditivity):

$$r(X + Y) \leq r(X) + r(Y) \quad (4.2)$$

ο Θετική Ομοιογένεια (Positive Homogeneity):

$$r(hX) = hr(X), \forall h > 0 \quad (4.3)$$

ο Μετατοπιστική Αμεταβλητότητα (Translational Invariant):

$$r(X + a) = r(X) - a, a \in \mathfrak{R} \quad (4.4)$$

Η ιδιότητες (i),(iii),(iv) χαρακτηρίζονται ως συνθήκες καλής συμπεριφοράς. Συγκεκριμένα, η ιδιότητα της μονοτονίας σημαίνει ότι η απαιτούμενη ποσότητα του κεφαλαίου για τον κίνδυνο X είναι μικρότερη από την αντίστοιχη του Y , όταν ο Y υπερβαίνει τον X . Έαν ένα χαρτοφυλάκιο διαιρεθεί σε επιμέρους χαρτοφυλάκια, τότε απαιτείται μεγαλύτερο ή ίσο κεφάλαιο από εκείνο που θα αναλογούσε εάν αυτά δεν είχαν διαιρεθεί (υποπροσθετικότητα). Η θετική ομοιογένεια υποδηλώνει ότι μία κατάσταση κινδύνου είναι ανάλογη με το μέγεθος της θέσης. Στην περίπτωση που μία οικονομικής θέση αυξηθεί κατά μία συγκεκριμένη ποσότητα a , τότε ο κίνδυνος θα μειωθεί αντίστοιχα κατά το ίδιο ποσό (μετατοπιστική αμεταβλητότητα).

Στη συνέχεια, θα ορίσουμε την έννοια του ποσοστημορίου, η οποία είναι βασική για την κατανόηση των διαφόρων μεθόδων:

Ορισμός 4.1.3. (Αντίστροφη της Συνάρτησης Πιθανότητας Πυκνότητας και Συνάρτηση Ποσοστημορίου)

(i) Η αντίστροφη μιας αύξουσας συνάρτησης $T : \mathfrak{R} \rightarrow \mathfrak{R}$ (συμβολ. T^{-1}) ορίζεται ως εξής:

$$T^{-1}(y) := \inf\{x \in \mathfrak{R} : T(x) \geq y\} \quad (4.5)$$

$$\mu \in \inf\{\emptyset\} = \infty$$

¹Dowd and Blake, "After VaR: The Theory, Estimation, and Insurance Applications of Quantile- Based Risk Measures" (2006) σελ.9

- (ii) Αν F μια συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας, τότε η αντίστροφη της F^{-1} ονομάζεται συνάρτηση ποσοστημορίου της F . Για $a \in (0, 1)$, το a -ποσοστημόριο της F δίδεται

$$q_a(F) := F^{-1}(a) := \inf\{x \in \mathbb{R} : F(x) \geq a\} \quad (4.6)$$

Συνήθως, αν X είναι η τυχαία μεταβλητή χρησιμοποιείται ο εναλλακτικός συμβολισμός $q_a(X) := q_a(F)$.

Για τον υπολογισμό των ποσοστημορίων σε πιο γενικές περιπτώσεις μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το ακόλουθο κριτήριο:

Λήμμα 4.1.4. Ένα σημείο $x_0 \in \mathbb{R}$ είναι το a -ποσοστημόριο μιας κατανομής αν και μόνο αν ικανοποιούνται τα ακόλουθα: $F(x_0) \geq a$ και $F(x) < a$ για κάθε $x < x_0$.

Τα ποσοστημόρια αποτελούν μια γενίκευση της διαμέσου και δίνουν αναλυτικότερη περιγραφή της θέσης της κατανομής των παρατηρήσεων. Ουσιαστικά, το ποσοστημόριο q_a αντιπροσωπεύει το σημείο της κατανομής για το οποίο το $a\%$ των παρατηρήσεων είναι μικρότερες ή ίσες από αυτό και το υπόλοιπο $(1-a)\%$ είναι μεγαλύτερες ή ίσες από αυτό. Πρόκειται για μέτρα θέσης ιδιαίτερα χρήσιμα για τη μελέτη των οικονομικών, χρηματοοικονομικών, δημογραφικών κ.α. φαινομένων καθώς, επιτρέπουν να απαντήσουμε σε ερωτήσεις που αφορούν συγκεκριμένες παρατηρήσεις.

4.2 Αξία σε Κίνδυνο - Value at Risk

Από τα τέλη της δεκαετίας του 1970 και τη δεκαετία του 1980 μεγάλοι διεθνείς εταιρικοί οργανισμοί άρχισαν να εντάσσουν στις εσωτερικές λειτουργίες τους υποδείγματα μεθόδων αποτίμησης κινδύνου. Αιτία του φαινομένου αυτού ήταν ένα ντόμινο πτωχεύσεων μεγάλων χρηματοπιστωτικών, και μη, ιδρυμάτων, το οποίο οφειλόταν ουσιαστικά σε πλημμελή διαχείριση εκ των έσω. Έτσι, τα περιστατικά αυτά, καθώς και οι αιτίες για τις οποίες δημιουργήθηκαν ήταν το έναυσμα για την εξέλιξη του κλάδου.

Το πιο δημοφιλές υπόδειγμα που αναπτύχθηκε ήταν το RiskMetrics (1994) από την JPMorgan, ύστερα από απαίτηση του διευθυντή της, Dennis Weatherstone. Αίτημα του ήταν ο υπολογισμός της μέγιστης δυνατής ζημιάς που θα μπορούσε να έχει η τράπεζα στις επόμενες 24 ώρες. Ως απάντηση αναπτύχθηκε η μέθοδος VaR, η οποία βασίστηκε στη θεωρία του χαρτοφυλακίου, και υπολόγιζε τη μέγιστη αναμενόμενη απώλεια του χαρτοφυλακίου σε χρονικό διάστημα μίας ημέρας. Αν και με την πάροδο του χρόνου κάθε οργανισμός ανέπτυξε τα δικά του εσωτερικά συστήματα, εν τέλει επικράτησε το RiskMetrics, ύστερα από απόφαση της JPMorgan προς δημοσιοποίηση του. Έκτοτε, η VaR υιοθετήθηκε άμεσα όχι μόνο από εποπτικές αρχές και τράπεζες επενδύσεων αλλά και από άλλους χρηματοπιστωτικούς, και μη, οργανισμούς.

“VaR summarizes the worst loss over a target horizon with a given level of confidence”

Jorion, “Value at Risk”²

²Philippe Jorion, “Value at Risk” (2001) σελ.22

Επομένως, από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι, η ‘Αξία σε Κίνδυνο’ αντιπροσωπεύει την μέγιστη αναμενόμενη ζημιά που μπορεί να συμβεί υπό κανονικές συνθήκες αγοράς, δεδομένου ενός διαστήματος εμπιστοσύνης για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα-ορίζοντα. Στην περίπτωση που η απώλεια υπερβεί την επιτρεπόμενη VaR πρέπει να ληφθούν ανάλογες διορθωτικές αποφάσεις.

Θα προσεγγίσουμε την έννοια της VaR, σύμφωνα με τους ορισμούς που δώσαμε προηγουμένως.

Ορισμός 4.2.1. (*Value at Risk*)

Έστω δοθέν διάστημα εμπιστοσύνης $a \in (0, 1)$. Ορίζουμε ως ‘Αξία σε Κίνδυνο’ ενός χαρτοφυλακίου για το δ.ε. a το μικρότερο αριθμό l , τέτοιον ώστε η πιθανότητα να προκύψει απώλεια μεγέθους L , η οποία να υπερβαίνει το l , να μην είναι μεγαλύτερη από $(1 - a)$. Δηλαδή:

$$VaR_a = \inf\{l \in \mathfrak{R} : P(L > l) \leq (1 - a)\} = \inf\{l \in \mathfrak{R} : F_L(l) \geq a\}. \quad (4.7)$$

Όπως βλέπουμε από τον ορισμό, η VaR αποτελεί ένα ποσοστημόριο μιας κατανομής. Παρακάτω θα δούμε τα κριτήρια με τα οποία γίνεται η επιλογή του χρονικού ορίζοντα και του κατάλληλου διαστήματος εμπιστοσύνης. Σημειώνουμε, επίσης, ότι δεν γίνεται καμία περαιτέρω πληροφορία για το ύψος των ζημιών που προκύπτουν με πιθανότητα $(1 - a)$. Αυτή η έλλειψη συγκαταλέγεται στα μειονεκτήματα της μεθόδου, τα οποία θα εξετάσουμε στη συνέχεια.

Η σπουδαιότητα και η καθολικότητα της VaR φαίνεται από τα ακόλουθα στοιχεία³: Σε έρευνα του Group of Thirty το 1994, το 43% των ιδρυμάτων χρησιμοποιούν ήδη αναφορές της Αξίας σε Κίνδυνο, ενώ το 37% απάντησε ότι σχεδιάζει στο άμεσο μέλλον να κάνει χρήση των υποδειγμάτων αυτών. Επιπλέον, μια άλλη έρευνα του Institutional Investor αναφέρει ότι το 32% των ιδρυμάτων χρησιμοποιεί τη VaR ως μέγεθος αποτίμησης κινδύνου, όπως και το 60% των ερωτηθέντων ιδρυμάτων αμοιβαίων κεφαλαίων σε έρευνα του New York University, Stern School of Business.

4.2.1 Ιδιότητες της VaR

Όπως αναφέραμε, η τιμή της VaR αντιπροσωπεύει τη μέγιστη δυνατή απώλεια ενός χαρτοφυλακίου για δοσμένη πιθανότητα και ενός χρονικού ορίζοντα. Επομένως, ως μέτρο κινδύνου θα ελέγξουμε ποιές ιδιότητες ικανοποιεί και αν θεωρείται ‘συνεπές’.

Παρατήρηση 4.2.2. Ιδιότητες της VaR.

Η μέθοδος, με βάση τις ιδιότητές της ορίζεται ως:

ο Μονότονη

$$X \geq Y \Rightarrow VaR_a(X) \leq VaR_a(Y) \quad (4.8)$$

ο Θετικά Ομοιογενής

$$VaR_a(lX) = lVaR_a(X), \forall l \geq 0 \quad (4.9)$$

ο Μετατοπιστικά Αμετάβλητη

$$VaR_a(X + k) = VaR_a(X) - k, \forall k \in \mathfrak{R} \quad (4.10)$$

³Κ. Συριόπουλος, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, «Διαχείριση Τραπεζικού Κινδύνου» (2000) σελ.106

Επίσης

$$X \geq 0 \Rightarrow VaR_a(X) \leq 0 \quad (4.11)$$

Η μέθοδος δεν ικανοποιεί την υποπροσθετικότητα (3.2), καθώς έχει κακές συναθροιστικές ιδιότητες. Σύμφωνα μάλιστα με τους Artzner et al. (1997,1999), η VaR δεν θεωρείται συνεπές μέτρο κινδύνου.

4.3 Εφαρμογές της μεθόδου Value at Risk

Η μέθοδος VaR είναι ένα εργαλείο υψίστης σημασίας στον κόσμο της Δ.Κ. Ξεκινώντας από το τραπεζικό τομέα έχει επεκτείνει το πεδίο εφαρμογής της και σε άλλους οικονομικούς, και μη, φορείς. Πολλοί οργανισμοί, όπως οι εμπορικές και επενδυτικές τράπεζες, ασφαλιστικές εταιρείες αλλά και επιχειρήσεις έχουν υιοθετήσει το μοντέλο της, προσδοκώντας μια καλύτερη στρατηγική για τις μελλοντικές τους επενδύσεις.

Οι εφαρμογές της VaR είναι ποικίλες. Για την κατανόηση της σε ένα πιο πρακτικό επίπεδο, ενδεικτικά, μπορούμε να αναφερθούμε στις ακόλουθες:

- (i) Αναφορά του Κινδύνου - Σύγκριση - Πληροφόρηση της διοίκησης.

Όλες οι μεγάλες επιχειρήσεις έχουν εντάξει στο εσωτερικό τους ένα ξεχωριστό τμήμα, το οποίο ειδικεύεται στη Δ.Κ. Ένα μεγάλο μέρος των εργασιών του αφορά τη δημιουργία αναφορών για τους κινδύνους στους οποίους εκτίθεται ο οργανισμός, καθώς και τη σύγκρισή τους (Benchmark Measure). Η απλότητα και η αμεσότητα της VaR επιτρέπει την εφαρμογή της σε εσωτερικούς αλλά και εξωτερικούς ελέγχους.

- (ii) Setting Limits

Εφαρμογή ορίων στις διαπραγματεύσεις αξιογράφων ανάλογα με τον κίνδυνο.

- (iii) Εποπτεία - Επάρκεια τραπεζικού κεφαλαίου.

Από το 1980 ρυθμιστικές αρχές διενεργούν ελέγχους στο διεθνές χρηματοπιστωτικό σύστημα, απαιτώντας τη διατήρηση κεφαλαίων για την κάλυψη των κινδύνων που συνδέονται με τις δραστηριότητες τους. Οι κεφαλαιακές απαιτήσεις καθορίζονται από την Επιτροπή της Βασιλείας (Bank of international Settlements - Basel Committee).

- (iv) Στρατηγική πορεία - Λήψη κατάλληλων αποφάσεων

Χάραξη στρατηγικών θέσεων με σκοπό τη βέλτιστη κατανομή των κεφαλαίων του οργανισμού (resource allocation), ανάλογα με τον κίνδυνο κάθε επενδυτικής θέσης.

Η μέθοδος VaR, δεδομένου του μεγάλου εύρους εφαρμογής της, υιοθετήθηκε από χρηματοοικονομικά ιδρύματα, ελεγκτικές αρχές (π.χ. Basel Committee on Banking Supervision και η U.S. Federal Reserve Bank), επιχειρήσεις που εκτίθενται σε χρηματοοικονομικούς κινδύνους αλλά και θεσμικούς επενδυτές, όπως στην περίπτωση των ασφαλιστικών ταμείων. Εκτιμάται δε, ότι πολλές από τις πρόσφατες οικονομικές καταστροφές θα μπορούσαν να είχαν προβλεφθεί αν οι διοικήσεις χρησιμοποιούσαν τη VaR ως μέθοδο μέτρησης κινδύνου.

4.4 Παράμετροι της VaR

Η VaR καθορίζεται από τις δύο ακόλουθες παραμέτρους:

- (i) Ο χρονικός ορίζοντας (forecast horizon)
- (ii) Το διάστημα εμπιστοσύνης (confidence level)

Το αρχικό βήμα, προτού υπολογιστεί η VaR, είναι η κατάλληλη επιλογή τους, λαμβάνοντας υπόψιν επιμέρους σκοπούς που εξυπηρετούν το στόχο μας. Ενδεικτικά, μπορούμε να αναφέρουμε σαν παράδειγμα ότι η Επιτροπή της Βασιλείας ορίζει ένα επίπεδο εμπιστοσύνης 99% σε χρονικό διάστημα 10 ημερών. Οι εμπορικές τράπεζες ή το χρηματιστήριο αναφέρουν συνήθως την αξία VaR στις ημερήσιες εκθέσεις τους.

4.4.1 Ο χρονικός ορίζοντας

Προσδιορίζει το χρονικό διάστημα για το οποίο πραγματοποιείται η μέτρηση της VaR και η επιλογή του εξαρτάται από υποκειμενικά κριτήρια. Λαμβάνονται υπόψιν οι στόχοι της επενδυτικής θέσης αλλά και η ρευστότητα της αγοράς όπου γίνεται η συναλλαγή. Για παράδειγμα, στην περίπτωση των μικρών αγορών επιλέγεται συνήθως ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, μια βραχυχρόνια περίοδος σε πολλές περιπτώσεις εξυπηρετεί περισσότερο για λόγους επαλήθευσης, ταχύτητας αλλά και πρακτικότητας. Από ο,τι έχει παρατηρηθεί, το συνήθες είναι η επιλογή της μίας ημέρας

4.4.2 Το διάστημα εμπιστοσύνης

Αντικατοπτρίζει την πιθανότητα να προκύψει απώλεια μεγαλύτερη από τη VaR. Η επιλογή ενός διαστήματος εμπιστοσύνης είναι υποκειμενική και εξαρτάται από τους λόγους για τους οποίους εφαρμόζεται η μέτρηση της VaR: ένα χαμηλό δ.ε. εξυπηρετεί σκοπούς επαλήθευσης, ενώ ένα υψηλό είναι κατάλληλο για τη διαχείριση των κινδύνων αλλά και για τον καθορισμό της κεφαλαιακής επάρκειας. Ένα μεγάλο διάστημα εμπιστοσύνης σημαίνει πως η κάλυψη που μας παρέχει η VaR είναι ασφαλής, καθώς ελαττώνεται η πιθανότητα να αποτύχει στην πρόβλεψη ακραίων φαινομένων. Στην περίπτωση, για παράδειγμα, που επιλέξουμε διάστημα εμπιστοσύνης 99%, τότε η πιθανότητα να προκύψει ζημιά μεγαλύτερη της VaR είναι 1%. Συνήθως επιλέγονται τιμές 95%, 98%, 99%.

4.5 Τα βασικά στάδια για τον υπολογισμό της VaR

Έχοντας αποσαφηνίσει τους βασικούς παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η VaR, υπενθυμίζουμε ότι περιγράφει τη μέγιστη δυνητική ζημιά υπό ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, δεδομένου ενός διαστήματος εμπιστοσύνης. Αν και υπάρχουν συγκεκριμένα μαθηματικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της VaR, τα οποία και θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο, μπορούμε να παραθέσουμε τα συνήθη βήματα ως προς τον υπολογισμό της, τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- ο Μέτρηση της αγοραίας αξίας του χαρτοφυλακίου
- ο Υπολογισμός της μεταβλητότητας των παραγόντων κινδύνου

- ο Καθορισμός του χρονικού ορίζοντα
- ο Καθορισμός του διαστήματος εμπιστοσύνης
- ο Υπολογισμός της VaR

Περιγραφικά, για τη διαδικασία υπολογισμού της VaR ενός χαρτοφυλακίου χρειάζεται να προσομοιάσουμε αρχικά την απόδοσή του από δεδομένα που βασίζονται στις προηγούμενες παρατηρήσεις για ένα χρονικό διάστημα ίσο με αυτό που έχουμε ορίσει. Στη συνέχεια κατασκευάζουμε τη συνάρτηση κατανομής πιθανότητας και ορίζουμε το διάστημα εμπιστοσύνης που μας ενδιαφέρει (π.χ. 99%). Τελικά, η VaR είναι η τιμή από την οποία είναι μικρότερο το 1% των παρατηρήσεων.

4.6 Αδυναμίες της μεθόδου

Η απήχηση της μεθόδου στους διάφορους οργανισμούς ανά τον κόσμο αποτελεί ένα αναμφισβήτητο δείγμα της αξίας της. Ωστόσο, χαρακτηρίζεται και από περιορισμούς, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με τη φύση και τις υποθέσεις, τόσο στατιστικές όσο και σχετικές με τη λειτουργία της αγοράς, που λαμβάνονται κατά τον υπολογισμό της. Η σωστή χρήση και διαχείρισή της εξυπακούει την καλή γνώση των αδυναμιών της, έτσι ώστε να χρησιμοποιείται με τρόπο ωφέλιμο.

Η πρώτη υπόθεση που γίνεται είναι πως η συμπεριφορά των έως τώρα αποδόσεων θα παραμείνει ίδια κατά τη διάρκεια του χρόνου. Σε μεθόδους όπως η ιστορική προσομοίωση και η ανάλυση διακύμανσης θεωρούμε πως το μέλλον θα μιμηθεί το παρελθόν. Έτσι, η πρόβλεψη των μελλοντικών ζημιών βασίζεται σε παλιά δεδομένα, υποεκτιμώντας με αυτόν τον τρόπο την πιθανότητα εμφάνισης ενός ακραίου ενδεχομένου (π.χ. κατάρρευση της αγοράς), η οποία θα προκαλέσει απώλειες μεγαλύτερων διαστάσεων από αυτές που θα υποδεικνύει η VaR. Για το λόγο αυτό, κάθε ολοκληρωμένο μοντέλο μέτρησης της VaR χρειάζεται να υποστηρίζεται από διάφορες συμπληρωματικές μεθόδους (ανάλυση σεναρίου, BackTesting, StressTesting), οι οποίες βασίζονται στις περιπτώσεις εκείνες που η VaR αδυνατεί να προβλέψει και δεν λειτουργεί αποδοτικά.

Από τον ορισμό της η VaR υπολογίζει την μέγιστη πιθανή ζημιά για μια θέση σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο για δοσμένο επίπεδο εμπιστοσύνης. Δεν μας δίνει, δηλαδή, πληροφορίες σχετικά με την ακριβή τιμή των απωλειών που μπορεί να έχουμε πέρα από το δοσμένο δ.ε. Αυτό το κενό έρχονται να το καλύψουν άλλοι μέθοδοι, όπως για παράδειγμα η CVaR η οποία απεικονίζει την αναμενόμενη τιμή, δηλαδή το μέσο όρο των χειρότερων $100(1 - a)\%$ ζημιών.

Όλα τα συστήματα VaR βασίζονται σε υποθέσεις, οι οποίες δεν ισχύουν σε κάθε περίπτωση με αποτέλεσμα να μην αποτιμάται ο κίνδυνος σε κάθε συνθήκη της αγοράς. Στην περίπτωση των χαρτοφυλακίων, ακόμα και σε περιόδους διαταραχών, απαιτείται οι συσχετίσεις να παραμένουν σταθερές διαχρονικά ενώ υποθέτει ότι τα περιουσιακά στοιχεία μπορούν να πουληθούν στις τρέχουσες αγοραίες αξίες, γεγονός που δεν είναι πάντα ρεαλιστικό. Επίσης, είναι πλέον αποδεκτό ότι η συμπεριφορά των αποδόσεων δεν περιγράφεται επαρκώς από την κανονική κατανομή. Συγκεκριμένα έχει παρατηρηθεί ότι οι αποδόσεις μετοχών, δεικτών παρουσιάζουν παχίες ουρές ("fat tails"), ενώ η κατανομή των παραγώγων προϊόντων παρουσιάζει μεγάλη ασυμμετρία.

Τέλος, είναι πολύ σημαντικό να μην θεωρείται η μέθοδος VaR ως πανάκεια σε θέματα διαχείρισης κινδύνου, αλλά ως ένα εργαλείο, το οποίο δεν είναι αλάθητο

και για την ερμηνεία του φέρει τεράστιο μερίδιο ευθύνης ο διαχειριστής του κινδύνου. Ακόμα και ένα πολύ καλό σύστημα θα μπορούσε να οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα στα χέρια ενός ανειδίκευτου χρήστη, ενώ αντίστοιχα ένα μη επαρκές σύστημα μπορεί να είναι πολύ χρήσιμο σε κάποιον που γνωρίζει να το διαχειριστεί.

Το συμπέρασμα, λοιπόν, είναι ότι η VaR είναι ένα εργαλείο το οποίο μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην πορεία ενός οργανισμού. Ωστόσο η βέλτιστη απόδοσή της επιτυγχάνεται πάντα μέσω κατάλληλων ερευνητών αλλά και μέσω των αναφορών από τις συμπληρωματικές διεργασίες των Scenario Analysis, BackTesting, StressTesting.

4.7 Επανέλεγχος - BackTesting

Τα μοντέλα της VaR είναι χρήσιμα για την μελέτη των κινδύνων, στους οποίους είναι εκτεθειμένος ένας οργανισμός. Ωστόσο, σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να χρησιμοποιείται μεμονωμένα, αλλά θα πρέπει να συνοδεύεται με κατάλληλες επικυρώσεις. Μία από αυτές είναι η διαδικασία του επανελέγχου (BackTesting).

Πρόκειται για ένα στατιστικό πλαίσιο, στο οποίο γίνεται ταυτοποίηση των πραγματικών ζημιών και εκτιμάται εάν βρίσκονται εντός των ορίων που υπολογίζονται μέσω της VaR. Περιλαμβάνει τη συστηματική σύγκριση των ιστορικών παρατηρήσεων που προέρχονται από την VaR με τις αντίστοιχες ζημιές του χαρτοφυλακίου (reality-checks). Στην περίπτωση που η ταυτοποίηση αποτύχει, τότε τα μοντέλα θα πρέπει να επανεξεταστούν για λανθασμένες υποθέσεις, λάθος παραμέτρους ή μη ακριβή μοντελοποίηση. Εκτός από τον εντοπισμό των σφαλμάτων, μέσω του BackTesting, γίνονται και βελτιώσεις της μεθόδου με αποτέλεσμα να αποτελεί ένα βασικό κομμάτι για κάθε ολοκληρωμένο σύστημα της VaR.

Εποπτικές αρχές, όπως η Basel Committee, δίνουν μεγάλη βάση στη διαδικασία του επανελέγχου με στόχο τη μεγαλύτερη δυνατή φερεγγυότητα τραπεζών, ασφαλιστικών εταιρειών και άλλων ιδρυμάτων.

Υλοποίηση της μεθόδου BackTesting Η υλοποίηση της διαδικασίας γίνεται με δύο τρόπους. Ο πρώτος περιλαμβάνει τη χρήση ενός διαγράμματος, στο οποίο αναπαριστώνται τα καθημερινά κέρδη-ζημιές καθώς και οι εκτιμήσεις της VaR. Με τον τρόπο αυτό παρακολουθείται η συχνότητα με την οποία η VaR αποτυγχάνει να προβλέψει σωστά και σημειώνονται οι υπερβάσεις (exceptions).

Ο δεύτερος τρόπος υλοποίησης αφορά τη σύγκριση των τιμών της VaR με υποθετικά κέρδη-ζημιές (Hypothetical P-L), για τις οποίες θεωρούμε ότι παραμένουν σταθερές για διάρκεια ίση με το χρονικό ορίζοντα της μεθόδου VaR και επανεκτιμώνται στην λήξη του.

Όταν ολοκληρωθεί η παραπάνω διαδικασία αναλύεται το ποσοστό των υπερβάσεων της τιμής της VaR και συγκρίνεται με το διάστημα εμπιστοσύνης a που έχει επιλεγεί. Στην περίπτωση που το ποσοστό είναι μεγαλύτερο από τον αριθμό $(1 - a)$, τότε θεωρείται ότι το συγκεκριμένο μοντέλο υποεκτιμά τον κίνδυνο με αποτέλεσμα να μην μπορεί να επιτευχθεί η σωστή αξιολόγησή του.

4.8 Έλεγχος πίεσης - StressTesting

“This is one of those cases in which the imagination is baffled by the facts.”

Winston Churchill

Ένα βασικό χαρακτηριστικό της μεθόδου VaR είναι η εκτίμηση του κινδύνου σε κανονικές συνθήκες αγοράς, όπου ως κανονικές θεωρούμε εκείνες που βρίσκονται εντός της πιθανότητας που ορίζουμε. Αυτή η υπόθεση δεν περιλαμβάνει ακραίες περιπτώσεις που θα μπορούσαν να προκαλέσουν ασυνήθιστα μεγάλες ζημιές.

Στόχος στη διαδικασία του StressTesting είναι ο έλεγχος των ακραίων σεναρίων, τα οποία αν και πιο σπάνια, αφορούν μεγαλύτερου ύψους ζημιές. Πρόκειται για ένα μη-στατιστικό μέτρο κινδύνου καθώς δεν συσχετίζεται με τη θεωρία των πιθανοτήτων. Η μέθοδος αποσκοπεί στην αποτίμηση του χαρτοφυλακίου σε ακραίες, αλλά και πιθανές, συνθήκες αγοράς.

Η ανάλυση ακραίων σεναρίων απαιτείται από την Επιτροπή της Βασιλείας, ως μία από τις επτά συνθήκες οι οποίες πρέπει να ικανοποιούνται για τη χρήση εσωτερικών μοντέλων. Επιπροσθέτως, έχει εγκριθεί από τις Group of Thirty και Derivatives Policy Group.

Υλοποίηση StressTesting Το πρώτο στάδιο της διαδικασίας είναι η ανάλυση σεναρίων, κατά την οποία ελέγχεται η επίδραση υψηλών προσομοιωμένων μεταβολών στις τιμές του χαρτοφυλακίου. Μπορούν, με αυτόν τον τρόπο, να ελεγχθούν περιπτώσεις που αφορούν κυρίως διαισθητικές υποψίες και δεν εξαρτώνται από κάποια κατανομή, όπως συμβαίνει για παράδειγμα στην προσομοίωση Monte Carlo. Στη φάση αυτή μπορούν να ομαδοποιηθούν (blocking) καταλλήλως οι παράγοντες κινδύνου για το επικείμενο χαρτοφυλάκιο, καθιστώντας ευκολότερη τη διαδικασία. Στο δεύτερο στάδιο γίνεται η εφαρμογή των μεταβολών, οι οποίες συνήθως είναι από τέσσερις έως έξι φορές μεγαλύτερες από την τυπική απόκλιση κάθε παράγοντα. Τελικά, με χρήση μη γραμμικών μοντέλων γίνεται ο υπολογισμός των ζημιών που προκύπτουν από το προσομοιωμένο σενάριο.

Η μέθοδος επικύρωσης StressTesting είναι ιδιαίτερα σημαντική για μια επιτυχημένη διαχείριση κινδύνων. Επικεντρώνεται στην ουρά της κατανομής και ειδικότερα στις περιπτώσεις που η VaR αποτυγχάνει να εξετάσει. Παράλληλα, προσαρμόζεται στις ανάγκες και στις ιδιαιτερότητες της αγοράς και του χαρτοφυλακίου. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πιο 'δαισθητικές' εκτιμήσεις καθώς βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην κριτική ικανότητα του διαχειριστή κινδύνων. Λαμβάνει, τέλος, υπόψιν την έλλειψη ρευστότητας και την αλληλεπίδραση κινδύνου αγοράς και πιστωτικού κινδύνου.

4.9 Αναμενόμενη Απομείωση Κινδύνου (Expected Shortfall - Conditional VaR)

Η CVaR είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη VaR, η οποία, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, υπολογίζει τη μέγιστη αναμενόμενη ζημιά ενός χαρτοφυλακίου για ένα δοθέν διάστημα εμπιστοσύνης. Ωστόσο, δεν δίνει κάποια πληροφορία για το ύψος της απώλειας, στην περίπτωση που ξεπεραστεί το δ.ε. ξεπεραστεί. Το κενό αυτό καλύπτεται από την CVaR

Ορισμός 4.9.1. Αν T είναι ο καθορισμένος χρονικός ορίζοντας και $a \in (0, 1)$ το διάστημα εμπιστοσύνης, τότε η αναμενόμενη απομείωση κινδύνου ("*a-Expected Shortfall*") ορίζεται ως η μέση ζημιά των $(1 - a)$ χειρότερων περιπτώσεων ενός χαρτοφυλακίου και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$ES_a = \frac{1}{1-a} \int_a^1 q_u(F_L) du \quad (4.12)$$

,όπου L η ζημία, (F_L) η συνάρτηση κατανομής πιθανότητας, $q_u(F_L) = F_L^{-1}(u)$ η ποσοστημότητα συνάρτηση της (F_L) .

Η συσχέτισή της με τη VaR είναι εμφανής στο εξής σημείο:

$$ES_a = \frac{1}{1-a} \int_a^1 VaR_u(L) du \quad (4.13)$$

Ουσιαστικά, αφού έχουμε υπολογίσει την τιμή της VaR , εξετάζουμε στη συνέχεια τη συμβαίνει στην 'ουρά' της κατανομής. Η τιμή της $CVaR$ εξαρτάται από την κατανομή και ισχύει $ES_a \geq VaR_a$. Πρακτικά, η περίπτωση της $CVaR$ αφορά το ενδεχόμενο εκείνο που έχουμε υπέρβαση της VaR .

Κεφάλαιο 5

Μέθοδοι αποτίμησης της VaR

Η Value at Risk αποτελεί μία στατιστική μέθοδο μέτρησης κινδύνων αρνητικών εξελίξεων (downside risks). Η άμεση διάδοση και χρήση της από πολλούς χρηματοπιστωτικούς οργανισμούς και μεγάλες επιχειρήσεις βασίζεται στο γεγονός ότι είναι κατανοητή και δεν προϋποθέτει περίπλοκους υπολογισμούς. Έτσι, στο τέλος του επιλεγμένου χρονικού ορίζοντα κάθε ενδιαφερόμενος (shareholder) έχει επίγνωση για την έκθεση του οργανισμού στο κίνδυνο και βρίσκεται σε θέση να λάβει τις κατάλληλες αποφάσεις για τη μετέπειτα στρατηγική του.

Το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει τις συνηθέστερες μεθόδους υπολογισμού της VaR. Αρχικά θα εξεταστεί η προσέγγιση από την πλευρά της κανονικής κατανομής που αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και πάνω στην οποία βασίζεται η Μέθοδος της Συνδιακύμανσης. Στη συνέχεια, θα αναφερθούμε στη Μέθοδο της Ιστορικής Προσομοίωσης, που χρησιμοποιείται ευρέως σε αρκετούς οργανισμούς. Τέλος, θα δώσουμε έμφαση στη Μέθοδο Monte Carlo, την οποία θα εφαρμόσουμε στο 2ο μέρος της εργασίας.

5.1 Εισαγωγικές έννοιες

Για την κατανόηση του κεφαλαίου θα εισαγάγουμε κάποιες βασικές έννοιες, όπως η κανονική κατανομή, ενώ επίσης θα αναφέρουμε το κεντρικό οριακό θεώρημα και το νόμο των μεγάλων, τα οποία και θα χρησιμοποιήσουμε παρακάτω.

Κανονική κατανομή Πρόκειται για μία από τις πιο συνήθεις κατανομές, καθώς χρησιμοποιείται για την προσέγγιση πολλών φαινομένων ενώ επίσης, λόγω των θεωρημάτων σύγκλισης, πολλές κατανομές συγκλίνουν στην κανονική $N(\mu, \sigma^2)$ για μεγάλο αριθμό δειγμάτων.

Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας είναι:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (5.1)$$

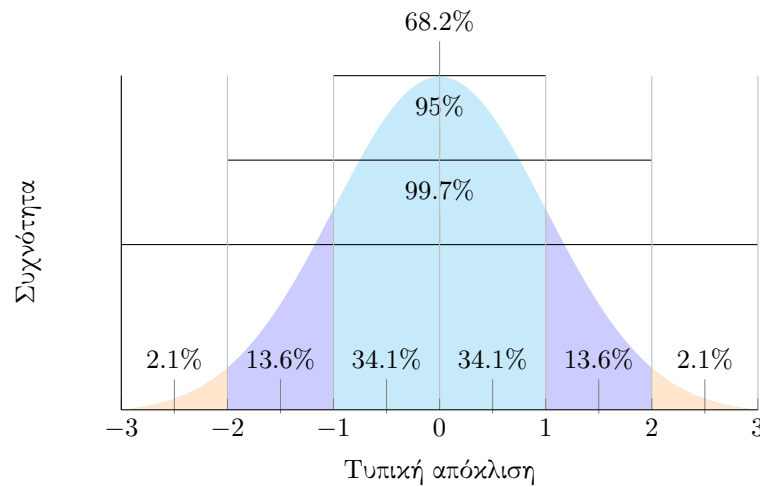
με μέση τιμή μ και τυπική απόκλιση σ^2 .

Στην περίπτωση που η τ.μ. Z έχει συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας που δίνεται από την καμπύλη του Gauss

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}, z \in \mathbb{R} \quad (5.2)$$

τότε ονομάζεται τυποποιημένη ή τυπική κανονική κατανομή και συμβολίζεται με $N(0, 1)$

Η γραφική παράσταση της τυπικής κανονικής κατανομής δίνεται ακολούθως:



Σχήμα 5.1: Γραφική παράσταση τυπικής κανονικής κατανομής

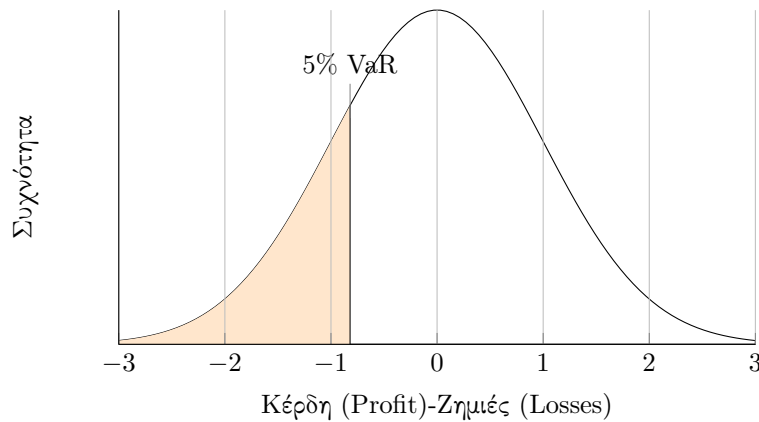
Παρατήρηση 5.1.1. Αν ένα σύνολο παρατηρήσεων προέρχεται από την κανονική κατανομή τότε, όπως φαίνεται και στο Σχήμα (4.1), το ποσοστό των παρατηρήσεων που απέχει από τη μέση τιμή, λιγότερο

(i) από μία τυπική απόκλιση είναι περίπου 68.2%

(ii) από δύο τυπικές αποκλίσεις είναι περίπου 95%

(iii) από τρεις τυπικές αποκλίσεις είναι περίπου 99.7%

Σε συνδυασμό με τα προηγούμενα, θεωρούμε ότι η VaR προσεγγίζεται ικανοποιητικά από την κανονική κατανομή, η οποία αναπαριστά τα κέρδη και τις ζημιές στις θετικές και τις αρνητικές τιμές αντιστοίχως. Επιλέγοντας ως δ.ε. ίσο με $a = 5\%$ πρόκύπτει ότι η υπολογιζόμενη VaR που αντιστοιχεί στο 5% των περιπτώσεων είναι ίση με -0.82.



Σχήμα 5.2: Η γραφική αναπαράσταση της VaR στην περίπτωση της κανονικής κατανομής και για δ.ε. ίσο με 5%.

Όπως βλέπουμε στο Σχήμα (4.2), αριστερά της VaR βρίσκονται οι περιπτώσεις να προκύψει απόδοση χειρότερη της VaR με πιθανότητα μικρότερη του 5%. Αντίστοιχα, δεξιά από την υπολογισθείσα τιμή βρίσκονται τα ενδεχόμενα εκείνα που θα δώσουν απόδοση καλύτερη της VaR.

Θεώρημα 5.1.2. (Ισχυρός Νόμος των Μεγάλων Αριθμών) Έστω $\{X_n, n = 1, 2, \dots\}$ ακολουθία ανεξάρτητων και ισόνομων τυχαίων μεταβλητών με πεπερασμένη μέση τιμή μ . Έστω $\bar{X}_n = n^{-1} \sum_{i=1}^n X_i$. Τότε $\bar{X}_n \rightarrow \mu$

Θεώρημα 5.1.3. (Κεντρικό Οριακό Θεώρημα) Αν από έναν πληθυσμό που ακολουθεί οποιαδήποτε κατανομή με μέση τιμή μ και διασπορά σ^2 , επιλέξουμε τυχαία δείγματα μεγέθους n και υπολογίσουμε το άθροισμα των παρατηρήσεων κάθε δείγματος, τότε για μεγάλα n (θεωρητικά $n \rightarrow \infty$) η κατανομή των αθροισμάτων είναι κατά προσέγγιση κανονική κατανομή με μέση τιμή $n\mu$ και διασπορά $n\sigma^2$. Δηλαδή αν συμβολίσουμε με S_n την τυχαία μεταβλητή που εκφράζει τα αθροίσματα, τότε κατά προσέγγιση $S_n \sim N(n\mu, n\sigma^2)$.

Κατά καιρούς έχουν αναπτυχθεί πολλές προσεγγίσεις για την αποτίμηση της VaR. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής θα επικεντρωθούμε στις ακόλουθες μεθόδους:

- (i) παραμετρικές¹
 - Μέθοδος διακύμανσης - συνδιακύμανσης (μέθοδος μερικής αποτίμησης²)
 - Προσομοίωση Monte Carlo (μέθοδος ολικής αποτίμησης³)
- (ii) μη παραμετρικές⁴
 - Ιστορική προσομοίωση

¹Ως παραμετρικές αναφερόμαστε στις μεθόδους εκείνες που προϋποθέτουν την επιλογή της κατάλληλης κατανομής για τις αποδόσεις και τον υπολογισμό των εκάστοτε παραμέτρων.

²Στη μερική αποτίμηση η κατανομή προσεγγίζεται με τη χρήση σειρών Taylor.

³Στην ολική αποτίμηση προσομοιάζεται ένας αριθμός σεναρίων και η κατανομή προσεγγίζεται από την επανατιμολόγηση του χαρτοφυλακίου.

⁴Ως μη παραμετρικές αναφερόμαστε στις μεθόδους εκείνες που χρησιμοποιούν την κατανομή του δείγματος.

5.2 Μέθοδος Διακύμανσης - Συνδιακύμανσης (Variance-Covariance method)

Η μέθοδος διακύμανσης-συνδιακύμανσης, ή διαφορετικά delta-normal method, εισήχθη από το σύστημα RiskMetrics. Λαμβάνει ως υπόθεση ότι οι αποδόσεις των κεφαλαίων στις αγορές προσεγγίζονται από την κανονική κατανομή, απλοποιώντας κατά πολύ τη διαδικασία υπολογισμού της VaR.

Θεωρούμε ότι έχουμε N παράγοντες κινδύνου. Ορίζουμε ως $x_{i,t}$ την έκθεση σε νομισματικές μονάδες ανά παράγοντα κινδύνου i και διαιρώντας την με την τρέχουσα αξία W του χαρτοφυλακίου, προκύπτει ο συντελεστής βαρύτητας $w_{i,t}$.

Η απόδοση του χαρτοφυλακίου εκφράζεται ως εξής:

$$R_{p,t+1} = \sum_{i=1}^N w_{i,t} R_{i,t+1} \quad (5.3)$$

, όπου οι συντελεστές βαρύτητας $w_{i,t}$ αναπροσαρμόζονται με το χρόνο.

Σύμφωνα με το Κ.Ο.Θ. η απόδοση του χαρτοφυλακίου ως άθροισμα κανονικά κατανεμημένων τυχαίων μεταβλητών θα ακολουθεί επίσης την κανονική κατανομή. Με χρήση άλγεβρας πινάκων προκύπτει η διακύμανση του χαρτοφυλακίου:

$$\sigma^2 = w_t' \sum_{t+1} w_t \quad (5.4)$$

, όπου \sum_{t+1} η εκτίμηση της μήτρας διακύμανσης στο χρονικό ορίζοντα της VaR και w_t ο πίνακας συντελεστών των $w_{i,t}$.

Η τιμή της VaR του χαρτοφυλακίου υπολογίζεται από τον τελικό τύπο:

$$VaR = aW \sqrt{w_t' \sum_{t+1} w_t} \quad (5.5)$$

, όπου a η απόκλιση που αντιστοιχεί στο καθορισμένο επίπεδο εμπιστοσύνης.

5.2.1 Πλεονεκτήματα

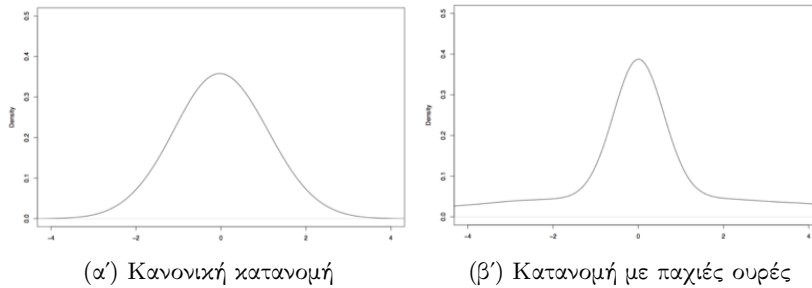
Η μέθοδος Διακύμανσης - Συνδιακύμανσης είναι εύκολα υλοποιήσιμη και χαρακτηρίζεται για την απλότητά της στους υπολογισμούς της. Για το λόγο αυτό, ακόμα και στην περίπτωση μεγάλου πλήθους περιουσιακών στοιχείων είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Η ύπαρξη του Κεντρικού Οριακού Θεωρήματος εξασφαλίζει την εφαρμογή της μεθόδου όταν οι παράγοντες κινδύνου δεν είναι κανονικοί, με την προϋπόθεση όμως ότι είναι πολυάριθμοι και ανεξάρτητοι.

5.2.2 Μειονεκτήματα

Στα πλαίσια αυτής της μεθόδου υιοθετήθηκε η ισχυρή υπόθεση της κανονικότητας. Στην πράξη, όμως, κάτι τέτοιο δεν είναι πάντα εφικτό καθώς οι αποδόσεις δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή, με αποτέλεσμα την ύπαρξη συχνότερων ακραίων αλλαγών, οι οποίες δημιουργούν υψηλές κεντρικές τιμές και 'παχιές ουρές' (Σχήμα 5.3).

Αυτό, ουσιαστικά, σημαίνει ότι στις ισχύουσες συνθήκες της αγοράς η συχνότητα των ακραίων μεταβολών είναι μεγαλύτερη από εκείνη που υποθέτει η κανονική



Σχήμα 5.3: Κατανομές με διαφορετικούς συντελεστές κύρτωσης

κατανομή. Ως εκ τούτου, δεδομένου ότι η VaR μελετά τη συμπεριφορά του χαρτοφυλακίου στη δεξιά ουρά της κατανομής (ζημία), οι απώλειες δεν μπορούν να υπολογιστούν με ακρίβεια σύμφωνα με τον τρόπο που αναλύθηκε προηγουμένως. Η τιμή της VaR θα υποεκτιμούσε τον κίνδυνο, καθώς θα ήταν αρκετά μικρότερη από αυτήν που της αντιστοιχεί στην πραγματικότητα, δίνοντας έτσι μία εσφαλμένη εκτίμηση με επακόλουθο την πρόκληση ακόμη μεγαλύτερων απωλειών.

5.3 Μέθοδος Ιστορικής Προσομοίωσης (Historical Simulation)

Η μέθοδος της Ιστορικής Προσομοίωσης υπολογίζει την τιμή της VaR χωρίς να προϋποθέτει ότι οι παράγοντες κινδύνου ακολουθούν κάποια συγκεκριμένη κατανομή. Κεντρική ιδέα της είναι η δημιουργία υποθετικών χρονολογικών σειρών των αποδόσεων του χαρτοφυλακίου στηριζόμενοι στις παλαιότερες τιμές τους, τις οποίες στη συνέχεια αναπαράγει.

Οι αποδόσεις υπολογίζονται ως ακολούθως:

$$R_{p,k} = \sum_{i=1}^N w_{i,t} R_{i,k}, k = 1, \dots, t \quad (5.6)$$

, όπου $w_{i,t}$ ο συντελεστής βαρύτητας της τωρινής αξίας.

Οι αποδόσεις που δημιουργούνται με αυτόν τον τρόπο δεν αναπαριστούν ένα πραγματικό χαρτοφυλάκιο τιμών. Αντιθέτως, κατασκευάζεται ένα υποθετικό χαρτοφυλάκιο με την παραδοχή ότι οι συνθήκες του παρελθόντος θα παραμείνουν αμετάβλητες και οι τυχόν μεταβολές θα συμβούν και στο μελλοντικό χρονικό ορίζοντα που μας ενδιαφέρει. Κάθε σενάριο k προκύπτει από t παρατηρήσεις. Ειδικότερα, στην περίπτωση που οι αποδόσεις των περιουσιακών στοιχείων ακολουθούν κανονική κατανομή, τότε η τιμή της VaR που θα προκύψει συμπίπτει με την αντίστοιχη από τη μέθοδο Διακύμανσης - Συνδιακύμανσης.

Γενικότερα, η μέθοδος χρησιμοποιεί πλήρη αποτίμηση, δηλαδή ανατιμολογεί την αξία του χαρτοφυλακίου, υπολογίζοντας τις υποθετικές τιμές για τους παράγοντες κινδύνου που προκύπτουν εφαρμόζοντας τις ιστορικές μεταβολές των τιμών στις ήδη ισχύουσες. Θεωρούμε ως $S_{i,k}^*$ την υποθετική τελική τιμή, η οποία προκύπτει ως εξής:

$$S_{i,k}^* = S_{i,0} + \Delta S_{i,k}, i = 1, \dots, N \quad (5.7)$$

, όπου $S_{i,0}$ η ισχύουσα και $\Delta S_{i,k}$ η μεταβολή που προέκυψε από την ιστορική προσομοίωση.

Στη συνέχεια η νέα τιμή του χαρτοφυλακίου, V_{p,k^*} , υπολογίζεται εφαρμόζοντας όλες τις υποθετικές αλλαγές, εμπεριέχοντας και τις μη γραμμικές σχέσεις ($V_{k^*} = V(S_{i,k^*})$). Επομένως, η υποθετική απόδοση του χαρτοφυλακίου για την k προσομοίωση θα ισούται με

$$R_{p,k} = \frac{V_{k^*} - V_0}{V_0} \quad (5.8)$$

Τελικά, η τιμή της VaR υπολογίζεται από την κατανομή που θα ακολουθεί η τυχαία μεταβλητή των αποδόσεων $R_{p,k}$. Όπως είναι φανερό, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας δεν χρειάστηκε ο υπολογισμός κάποιας παραμέτρου, συγκαταλέγοντας τη μέθοδο στις μη-παραμετρικές.

Τα γενικά βήματα που ακολουθούνται κατά τη διεργασία της ιστορικής προσομοίωσης είναι τα εξής:

- Υπολογισμός των ημερήσιων μεταβολών στις τιμές κάθε περιουσιακού στοιχείου ή παράγοντα κινδύνου.
- Αναπροσαρμογή της πραγματικής αξίας του χαρτοφυλακίου, εφαρμόζοντας τις υπολογισθείσες μεταβολές.
- Ταξινόμηση των αποτελεσμάτων κατά αύξουσα σειρά.
- Επιλογή του ποσοστημρίου για το επίπεδο εμπιστοσύνης που έχει επιλεγεί.

Για παράδειγμα, έστω ότι έχουμε συλλέξει τις 500 τελευταίες ημερήσιες παρατηρήσεις (μεταβολές) και θέλουμε να υπολογίσουμε τη VaR με επίπεδο εμπιστοσύνης 99%. Για κάθε ένα από τα 500 σενάρια υπολογίζουμε την ημερήσια μεταβολή της αξίας του χαρτοφυλακίου, δημιουργώντας έτσι μια εμπειρική κατανομή των ημερήσιων μεταβολών στην αξία του χαρτοφυλακίου. Τελικά, η εκτίμηση της VaR είναι η ζημία που αντιστοιχεί στο 1% της κατανομής, δηλαδή στην 5^η χειρότερη ημερήσια μεταβολή.

5.3.1 Πλεονεκτήματα

Η μέθοδος απαιτεί για την υλοποίησή της ιστορικά δεδομένα, σύμφωνα με τα οποία θα κατασκευαστούν οι προσομοιωμένες παρατηρήσεις, με την παραδοχή ότι η αγορά θα εμφανίσει την ίδια συμπεριφορά που είχε και στο παρελθόν. Η κεντρική ιδέα της μεθόδου την καθιστά αρκετά απλή και άμεση στην υλοποίησή της, ιδιαίτερώς στην περίπτωση που ένας οργανισμός διαθέτει ήδη αρχείο.

Παράλληλα, δεν προϋποθέτει κάποια συγκεκριμένη στατιστική κατανομή των αποδόσεων, με αποτέλεσμα να είναι γενικώς εφαρμόσιμη. Επίσης, δεν χρειάζεται ο υπολογισμός κάποιας παραμέτρου, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση της μεθόδου διακύμανσης, ενώ δεν απαιτείται η εκτίμηση ενός πίνακα διακύμανσης, απλοποιώντας έτσι τους υπολογισμούς ακόμα και σε περιπτώσεις μεγάλων χαρτοφυλακίων.

Επιπλέον, η μέθοδος είναι άμεσα συνδεδεμένη με την επιλογή του χρονικού ορίζοντα. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που θέλουμε να υπολογίσουμε μια μηνιαία τιμή της VaR θα χρειαζόταν να χρησιμοποιηθούν οι μηνιαίες αποδόσεις ενός χαρτοφυλακίου των τελευταίων 5 χρόνων.

Τέλος, το βασικότερο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι λαμβάνει υπόψιν στον υπολογισμό της VaR τις παχιές ουρές της κατανομής, στο βαθμό πάντα που είναι παρούσες στα ιστορικά δεδομένα που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν.

5.3.2 Μειονεκτήματα

Όπως αναφέραμε προηγουμένως, για την κατασκευή των χρονοσειρών των υποθετικών αποδόσεων του χαρτοφυλακίου απαιτείται ένας μεγάλος αριθμός ιστορικών παρατηρήσεων, με τις ρυθμιστικές αρχές να επιβάλλουν γενικά συλλογή δεδομένων τουλάχιστον ενός χρόνου, χωρίς, όμως, να είναι πάντοτε εφικτό. Ωστόσο, ένα μεγάλο πλήθος δεδομένων είναι δυνατόν να μειώσει την ακρίβεια των υπολογισμών, καθώς μπορεί να περιλαμβάνει γεγονότα που δεν σχετίζονται με τις τωρινές συνθήκες αγοράς, τα οποία θα αναπαραχθούν εσφαλμένα κατά τη διαδικασία της προσομοίωσης. Από την άλλη πλευρά, στην περίπτωση μικρότερου πλήθους είναι πιθανό να μην συμπεριληφθούν όλες οι απαιτούμενες μεταβολές επηρεάζοντας εξίσου την τιμή της VaR.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η χρονική περίοδος στην οποία ανήκουν τα δεδομένα του δείγματος, καθώς, όσο παλαιότερες παρατηρήσεις χρησιμοποιούμε τόσο αυξάνεται η πιθανότητα να μην αντικατοπτρίζουν την ισχύουσα κατάσταση. Επιπλέον, η μέθοδος χρησιμοποιεί τον ίδιο βαθμό βαρύτητας για όλα τα δεδομένα ανεξαρτήτως της παλαιότητάς τους, το οποίο σημαίνει πρακτικά ότι η αφαίρεση μιας (παλιάς) παρατήρησης θα επηρεάσει σημαντικά την τελική τιμή της VaR.

Κατά την εφαρμογή της ιστορικής προσομοίωσης έχει ληφθεί η υπόθεση ότι το μέλλον θα 'μιμηθεί' τη συμπεριφορά του παρελθόντος. Νέοι παράγοντες κινδύνου δεν είναι δυνατόν να εκτιμηθούν και δεν είναι εφικτή η πρόβλεψή τους. Αντίστοιχα, στην περίπτωση που ένα εξαιρετικά αρνητικό και σπάνιο γεγονός συμπεριλαμβάνεται στα δεδομένα μας, τότε ο τελικός υπολογισμός της VaR θα επηρεαστεί σε μεγάλο βαθμό, δίνοντας μια ιδιαίτερος υψηλή τιμή. Επομένως, τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν χρειάζεται να είναι ρεαλιστικά αντιπροσωπεύοντας περιόδους ηρεμίας αλλά και περιόδους μεγάλων μεταβολών.

5.4 Μέθοδος Προσομοίωσης Monte Carlo (Monte Carlo Simulation)

Η μέθοδος Διακύμανσης - Συνδιακύμανσης καθώς και η Ιστορική Προσομοίωση καλύπτουν ένα ευρή φάσμα περιπτώσεων. Όπως αναφέρθηκε, είναι εύκολες στην υλοποίησή τους ενώ επίσης ο τρόπος λειτουργίας του είναι αρκετά κατανοητός. Ωστόσο, όταν ένας αναλυτής βρίσκεται αντιμέτωπος με παχιές ουρές (fat tails) ή δεν διαθέτει ιστορικά δεδομένα, τότε καμία από τις δύο αυτές μεθόδους δεν κρίνεται κατάλληλη και μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένες εκτιμήσεις. Το 'κενό' αυτό συμπληρώνεται από τη μέθοδο προσομοίωσης Monte Carlo⁵.

Η μέθοδος Monte Carlo αφορά την παραγωγή σεναρίων με χρήση στατιστικών και μαθηματικών εργαλείων. Συγκεκριμένα, προσομοιώνει τις τιμές των παραγόντων κινδύνου μέσω επαναλαμβανόμενων διαδικασιών, καλύπτοντας έτσι ένα μεγάλο εύρος πιθανών καταστάσεων. Κάθε ζημιά θεωρείται πως ακολουθεί μια συγκεκριμένη κατανομή, η οποία είναι δυνατόν να προσεγγιστεί με κατάλληλους ελέγχους καλής προσαρμογής και να ευρεθούν οι παράμετροί της. Έτσι, επανημιουργείται ολόκληρη η κατανομή των τιμών του κινδύνου, από όπου μπορεί να υπολογιστεί και η τιμή της VaR.

Η προσομοίωση Monte Carlo βασίζεται στην υπόθεση ότι οι μεταβολές στις τιμές των μεταβλητών (παράγοντες κινδύνου) περιγράφονται από μία στοχαστική

⁵ Η εμφάνιση της μεθόδου τοποθετείται χρονικά την περίοδο του Β' Παγκοσμίου Πολέμου από τον Stanislaw Ulam, ο οποίος εργάστηκε στα πλαίσια του "Manhattan Project".

διαδικασία, όπως για παράδειγμα το υπόδειγμα της γενικευμένης κίνησης Brown. Οπότε, αναπαριστώντας αυτήν τη διαδικασία πολλές φορές (π.χ. 10000) μπορούμε να δημιουργήσουμε μια προσομοιωμένη κατανομή κέρδους και ζημίας.

Ακολουθούνται τα εξής βήματα:

- (i) Επιλογή του κατάλληλου στοχαστικού μοντέλου και υπολογισμός των παραμέτρων του.
- (ii) Δημιουργία ψευδομεταβλητών από τις οποίες υπολογίζονται οι τιμές.
- (iii) Αποτίμηση της αξίας του χαρτοφυλακίου.
- (iv) Επανάληψη των (ii) και (iii) για μεγάλο αριθμό βημάτων (πχ $K=10.000$).

Η λογική της μεθόδου Monte Carlo μοιάζει με αυτήν της ιστορικής προσομοίωσης, με τη διαφορά ότι η υποθετικές μεταβολές ΔS_i για το στοιχείο i προσομοιώνονται από μία συγκεκριμένη στοχαστική διαδικασία.

5.4.1 Πλεονεκτήματα

“Monte Carlo simulation can be a valuable tool when forecasting an unknown future.”

www.riskamp.com

Η μέθοδος Monte Carlo είναι ιδιαίτερα ισχυρή όσον αφορά τον υπολογισμό της VaR. Η προσομοίωση και η δημιουργία πιθανών σεναρίων λαμβάνει υπόψιν τις παχιές ουρές, ακραίες τιμές, όταν αυτές περιλαμβάνονται στα δεδομένα. Επίσης, όπως και στην περίπτωση της ιστορικής προσομοίωσης, δεν προϋποθέτει ότι οι παράγοντες κινδύνου ακολουθούν κάποια συγκεκριμένη κατανομή, οπότε δεν αντιμετωπίζει κάποιο πρόβλημα σε περιπτώσεις μη κανονικότητας και μη γραμμικότητας.

Εκτός από το γεγονός ότι σαν μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί και σε γενικές περιπτώσεις, προσφέρει επίσης και μεγάλη ακρίβεια στους υπολογισμούς της καθώς το πλήθος των προσομοιωμένων τιμών είναι πολύ μεγαλύτερο (πχ 10.000) από αυτό που προσφέρεται στην Ιστορική Προσομοίωση ή στη Δέλτα-Κανονική. Η μέθοδος Monte Carlo χαρακτηρίζεται ως η καταλληλότερη για τον υπολογισμό της VaR.

5.4.2 Μειονεκτήματα

Η μέθοδος Monte Carlo, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, βασίζεται στην παραγωγή ενός μεγάλου αριθμού σεναρίων, με βάση τα οποία πραγματοποιείται ο υπολογισμός της VaR. Αυτό, πρακτικά, συνεπάγεται έναν τεράστιο όγκο δεδομένων με πολλές υπολογιστικές διαδικασίες που συχνά στοιχίζει χρόνο ενώ παράλληλα απαιτεί ειδικευμένο εξοπλισμό.

Η κατάλληλη επιλογή του δείγματος μπορεί να επηρεάσει τους υπολογισμούς, όπως και στην περίπτωση της ιστορικής προσομοίωσης. Μικρού μεγέθους δεδομένα συνήθως δεν επαρκούν για την εκτίμηση της VaR, με αποτέλεσμα οι τιμές να μην αντιστοιχούν στην πραγματικότητα.

Τέλος, η μοντελοποίηση του κινδύνου που εφαρμόζεται στη μέθοδο μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια των υπολογισμών στην περίπτωση που επιλεγεί μία στοχαστική διαδικασία που δεν αντιπροσωπεύει επαρκώς το δείγμα. Ως εκ τούτου, τα αποτελέσματα πρέπει πάντα να ελέγχονται και να συνοδεύονται με αναλύσεις ευαισθησίας, Stress Testing, Back Testing.

5.5 Σύγκριση μεθόδων

Έως αυτό το σημείο έχει γίνει μια συνοπτική παρουσίαση των βασικών μεθόδων αποτίμησης της Value at Risk. Στη συνέχεια, θα επιχειρήσουμε να συγκρίνουμε αυτές τις εναλλακτικές.

Σε καμία περίπτωση δεν είναι δυνατόν να συμπεράνουμε ότι κάποια μέθοδος υπερέχει σημαντικά των άλλων. Κάθε κατάσταση πρέπει να αντιμετωπίζεται ξεχωριστά και να προσεγγίζεται με τον τρόπο που είναι περισσότερο ωφέλιμος για τον αναλυτή και την εταιρεία. Συνοπτικά, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε μεθόδου φαίνονται στον Πίνακα 5.1⁶.

	Παραμετρική Μέθοδος	Ιστορική Προσομοίωση	Προσομοίωση Monte Carlo
Είναι εύκολα υλοποιήσιμη;	Ναι, για μετρήσεις που βασίζονται σε νομισματικές μονάδες και δεδομένου της ύπαρξης κατάλληλων λογισμικών. Διαφορετικά κρίνεται μετρίως έως δύσκολο να εφαρμοστεί, αναλόγως και την πολυπλοκότητα και τη διαθεσιμότητα των δεδομένων	Ναι, για χαρτοφυλάκια για τα οποία είναι διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα	Ναι, για μετρήσεις που βασίζονται σε νομισματικές μονάδες και δεδομένου της ύπαρξης κατάλληλων λογισμικών. Διαφορετικά κρίνεται μετρίως έως δύσκολο να εφαρμοστεί
Περιλαμβάνει γρήγορους υπολογισμούς;	Ναι	Ναι	Όχι, εκτός από σχετικά μικρά χαρτοφυλάκια
Επεξηγείται εύκολα στους διαχειριστές;	Όχι	Ναι	Όχι
Παράγει λανθασμένους υπολογισμούς όταν τα πρόσφατα δεδομένα είναι μη τυπικά;	Ναι, εκτός και αν οι εναλλακτικές συσχετίσεις/τυπικές αποκλίσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν	Ναι	Ναι, εκτός αν μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικές προσεγγίσεις των παραμέτρων
Είναι δυνατή η μελέτη εναλλακτικών υποθέσεων;	Η μελέτη εναλλακτικών υποθέσεων για συσχετίσεις/τυπικές αποκλίσεις είναι εύκολη. Η μελέτη εναλλακτικών υποθέσεων για τη μορφή της κατανομής είναι αδύνατη	Όχι	Ναι
Είναι δυνατόν να μελετηθεί ο κίνδυνος για χαρτοφυλάκια που περιλαμβάνουν δικαιώματα;	Όχι, εκτός και αν υπολογίζονται χρησιμοποιώντας μία σύντομη χρονική περίοδο για χαρτοφυλάκια με περιορισμένο ή μέτριο περιεχόμενο σε δικαιώματα	Ναι, καθώς είναι ανεξάρτητη των δικαιωμάτων που περιέχονται στο χαρτοφυλάκιο	Ναι, καθώς είναι ανεξάρτητη των δικαιωμάτων που περιέχονται στο χαρτοφυλάκιο

Πίνακας 5.1: Σύγκριση μεθόδων υπολογισμού της VaR.

Η μέθοδος Monte Carlo απαιτεί δυσκολότερους υπολογισμούς ενώ, επίσης, απαιτεί ιδιαίτερα ακριβά υπολογιστικά λογισμικά. Αντιθέτως, οι άλλες δύο μέθοδοι, οδηγούν σε γρηγορότερα και πιο άμεσα αποτελέσματα. Στην περίπτωση της Ιστορικής προσομοίωσης είναι απαραίτητος ένας όγκος δεδομένων από ιστορικά στοιχεία, σε αντίθεση με τη μέθοδο Διακύμανσης - Συνδιακύμανσης. Ο χρόνος ολοκλήρωσης της μεθόδου Monte Carlo είναι δυνατόν να καταλήξει ιδιαίτερα μεγάλος, εκτός αν πρόκειται για μικρά χαρτοφυλάκια, χωρίς αυτό να ισχύει στην

⁶Thomas J. Linsmeier, Neil D. Pearson, Value at Risk, Financial Analysts Journal, March-April 2000.

Historical simulation και στην Variance-Covariance method. Σε κάθε περίπτωση, η προσομοίωση Monte Carlo, ως μέθοδος ολικής αποτίμησης, οδηγεί σε ορθότερα αποτελέσματα, καθώς η κατανομή στην οποία βασίζεται προκύπτει από κατάλληλες στατιστικές προσεγγίσεις, ενώ παράλληλα πραγματοποιείται η επανατιμολόγηση της θέσης. Η μέθοδος Διακύμανσης - Συνδιακύμανσης απαιτεί μια ιδιαίτερα ισχυρή υπόθεση, η οποία δεν εφαρμόζεται σε κάθε χαρτοφυλάκιο. Ωστόσο, η ευκολία που προσφέρει μπορεί να αποτελεί ένα βασικό κριτήριο για την επιλογή της.

Μέρος II

Εφαρμογή της Μεθόδου

Κεφάλαιο 6

Εφαρμογή της μεθόδου VaR με χρήση προσομοίωσης Monte Carlo στο στατιστικό πακέτο R

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει η εφαρμογή της VaR στο τραπεζικό περιβάλλον, με σκοπό την πλήρη κατανόηση της διαδικασίας, ενώ παράλληλα θα ελέγξουμε τις αδυναμίες της αλλά και σε ποιά σημεία υπερέχει. Τα δεδομένα προέρχονται από πραγματικά annual reports δύο τραπεζών, τις οποίες και θα ονομάσουμε ως **τράπεζα Α** και **τράπεζα Β**, και αφορούν συγκεκριμένα το λειτουργικό κίνδυνο και τις ζημίες που προκύπτουν από αυτόν.

Στην πρώτη παράγραφο θα κάνουμε μια μικρή αναφορά σε εισαγωγικές έννοιες τις οποίες θα χρειαστούμε στη διεξαγωγή του υπολογισμού της VaR. Στη συνέχεια, θα αναλύσουμε τα δεδομένα σε μηνιαία βάση και θα προσαρμόσουμε τη συχνότητα εμφάνισης ζημιών στην κατανομή Poisson, με τη βοήθεια των Q-Q Plots και των ελέγχων καλής προσαρμογής. Θα μεετήσουμε, επίσης, την κατανομή που ακολουθεί το ύψος των ζημιών για κάθε τράπεζα, και αφού επιλέξουμε την κατάλληλη, θα προσομοιώσουμε 10000 παρατηρήσεις με τη μέθοδο Monte Carlo. Από αυτές θα είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε τις τιμές των VaR και CVaR για κάθε τράπεζα ξεχωριστά.

6.1 Εισαγωγικές έννοιες

Πριν προχωρήσουμε στον υπολογισμό της VaR χρειάζεται να γίνει μια σύντομη υπενθύμιση σε βασικές έννοιες για την καλύτερη κατανόηση των βημάτων.

6.1.1 Κατανομές πιθανοτήτων τυχαίων μεταβλητών

Οι κατανομές των τυχαίων μεταβλητών διαχωρίζονται σε διακριτές και σε συνεχείς, χαρακτηρισμό που υιοθετούν από τις τ.μ. Αφού πρώτα υπενθυμίσουμε τους ορισμούς της κατανομής πιθανότητας για κάθε περίπτωση, στη συνέχεια, από την κατηγορία των πρώτων θα επικεντρωθούμε στην κατανομή Poisson, ενώ από τις

συνεχείς θα αναφέρουμε την εκθετική και μια ειδική κατηγορία της κανονικής, τη λογαριθμική κανονική κατανομή.

Κατανομή πιθανότητας μιας τ.μ. Γνωρίζουμε ότι, η πιθανότητα η τυχαία μεταβλητή X να πάρει κάποια τιμή x_i αν είναι διακριτή, ή να βρίσκεται σε ένα διάστημα dx , αν είναι συνεχής, ονομάζεται *συνάρτηση μάζας πιθανότητας* (probability mass function) ή *συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας* (probability density function) αντιστοίχως. Για διακριτή τ.μ. X ορίζεται ως $f_X(x_i) = P(X = x_i)$, ενώ για συνεχή τ.μ. X ($X \in \mathbb{R}$) θα έχουμε $f_X(x)$.

Κοινή πιθανότητα δύο τ.μ. Σε πολλές περιπτώσεις επιθυμούμε να υπολογίσουμε τη συνδυασμένη μεταβλητότητα δύο τυχαίων μεταβλητών X και Y , δηλαδή την από κοινού κατανομή πιθανότητάς τους. Για παράδειγμα, στην εφαρμογή που θα δούμε παρακάτω, μας ενδιαφέρει να προσομοιώσουμε τις δυνητικές ζημιές των δύο τραπεζών, βασιζόμενοι στην κατανομή την οποία αυτές ακολουθούν. Ωστόσο, κάθε ζημιά χαρακτηρίζεται από τη συχνότητά της και το μέγεθός της. Επομένως, συνδυασμός των δύο θα μας δώσει την κατανομή που ακολουθεί η συνολική ζημιά. Για διακριτές τ.μ. X, Y ονομάζεται *κοινή συνάρτηση μάζας πιθανότητας* (joint probability mass function) $f_{XY}(x, y)$ για κάθε ζεύγος τιμών (x_i, y_i) , ενώ για συνεχείς τ.μ. X, Y θα έχουμε την *κοινή συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας* (joint probability density function) $f_{XY}(x, y)$.

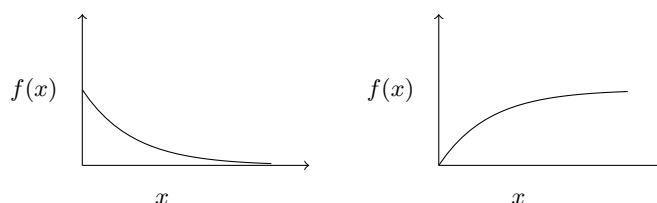
Κατανομή Poisson. Η κατανομή Poisson είναι η κατανομή των σπάνιων γεγονότων και χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να μετρήσουμε τη συχνότητα των συμβάντων στη μονάδα μέτρησης. Η τυχαία μεταβλητή X που ακολουθεί κατανομή Poisson εκφράζει το πλήθος των γεγονότων και η συνάρτηση πιθανότητας δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$P(X = x) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x!}, x = 0, 1, 2, \dots, \lambda > 0 \quad (6.1)$$

Εκθετική κατανομή με παράμετρο λ . Η εκθετική κατανομή εμφανίζεται συνήθως σε περιπτώσεις που μελετάμε το χρόνο αναμονής μέχρι την πραγματοποίηση ενός γεγονότος. Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας είναι :

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & , x > 0 \\ 0 & , x \leq 0 \end{cases} \text{ για } \lambda \geq 0 \quad (6.2)$$

Η γραφική παράσταση της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας και της αθροιστικής συνάρτησης της εκθετικής κατανομής $Exp(\lambda)$ είναι:



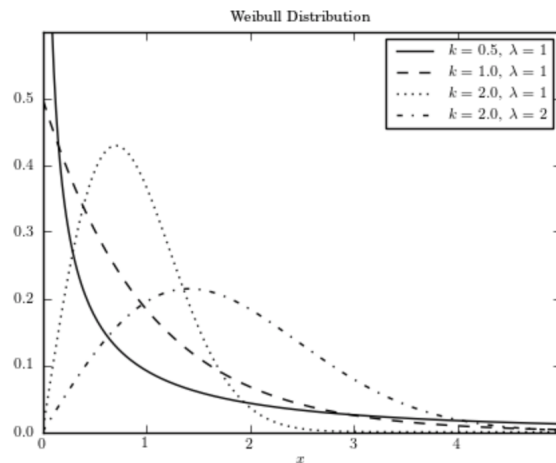
Σχήμα 6.1: Γραφική παράσταση συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας και της αθροιστικής συνάρτησης της εκθετικής κατανομής

Κατανομή Weibull. Η κατανομή Weibull μπορεί να θεωρηθεί ως γενίκευση της εκθετικής κατανομής. Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας με παραμέτρους (λ, α) είναι:

$$P(X = x) = a\lambda^a x^{a-1} e^{-(\lambda x)^a}, x > 0, \lambda > 0, a \geq 0 \quad (6.3)$$

Η παράμετρος a καλείται ‘παράμετρος μορφής’ και όταν αυξάνεται, η καμπύλη γίνεται ‘στενότερη’. Η παράμετρος λ καλείται ‘παράμετρος κλίμακα/varsigma’.

Η γραφική παράσταση της κατανομής φαίνεται στο Σχήμα 6.2.



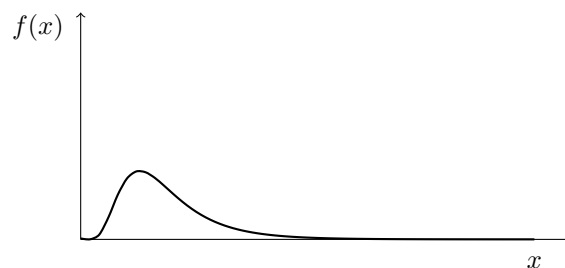
Σχήμα 6.2: Γραφική παράσταση κατανομής Weibull

Λογαριθμική κανονική κατανομή. Πρόκειται για μια ιδιαίτερος χρήσιμη κατανομή λόγω των λογαριθμικών ιδιοτήτων που κληρονομεί. Εμφανίζεται πολύ συχνά στη στοχαστική χρηματοοικονομική ανάλυση. Αποδεικνύεται ότι οι τιμές του λογάριθμου μιας κανονικής τυχαίας μεταβλητής X ακολουθούν την κανονική κατανομή. Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας είναι:

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (6.4)$$

με μέση τιμή μ και τυπική απόκλιση σ^2 .

Η γραφική παράσταση της κατανομής είναι:



Σχήμα 6.3: Γραφική παράσταση λογαριθμικής κανονικής κατανομής.

6.1.2 Έλεγχοι καλής προσαρμογής - Goodness of fit tests

Πολύ συχνά στην επιστήμη της στατιστικής καλούμαστε να αντλήσουμε πληροφορίες σχετικά με την κατανομή που ακολουθεί ένα τυχαίο δείγμα. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η διενέργεια κατάλληλων ελέγχων, στους οποίους λαμβάνεται ως υπόθεση η κατανομή του δείγματος, η οποία στη συνέχεια εξετάζεται ως προς την εγκυρότητά της. Στην περίπτωση που το δείγμα δεν προέρχεται από την κατανομή για την οποία διενεργείται ο έλεγχος, τότε το αντίστοιχο p-value δεν θα είναι ακριβές.

Έλεγχοι αυτού του είδους ονομάζονται ‘έλεγχοι καλής προσαρμογής’ σε μία συγκεκριμένη κατανομή. Σε πρώτο στάδιο, θα προσεγγίσουμε τα δεδομένα από πιο πρακτική πλευρά ώστε να λάβουμε μία αρχική εποπτική εικόνα. Θα πραγματοποιούμε ελέγχους μέσω των Q-Q γραφημάτων (‘εμπειρικοί έλεγχοι’) και στη συνέχεια θα χρησιμοποιήσουμε τους πιο ισχυρούς ελέγχους χι-τετράγωνο τεστ και Kolmogorv-Smirnov τεστ.

Q-Q Plot και P-P Plot. Για να διαπιστώσουμε την κατανομή που ακολουθούν τα δεδομένα μας χρησιμοποιούμε τα Q-Q Plot (Quantile-Quantile plot) και P-P Plot (Probability-Probability plot), πραγματοποιώντας τις κατάλληλες υποθέσεις. Η παρατήρηση στην οποία βασίζονται τα γραφήματα παρατίθεται ακολούθως:

Παρατήρηση 6.1.1. Αν X_1, X_2, \dots, X_n είναι ένα τυχαίο δείγμα ανεξάρτητων τυχαίων μεταβλητών από μία (συνεχή) κατανομή με συνάρτηση κατανομής F , τότε οι νέες τ.μ. $Y_1 = F(X_1), Y_2 = F(X_2), \dots, Y_n = F(X_n)$ είναι και αυτές ανεξάρτητες και ακολουθούν την ομοιόμορφη $U(0, 1)$ κατανομή, διότι

$$P(F(X)) \leq x) = P(X \leq F^{-1}(x)) = F(F^{-1}(x)) = x, x \in [0, 1] \quad (6.5)$$

Αν $Y_1, Y_2, \dots, Y_n \sim U(0, 1)$, τότε κάθε μία από τις διατεταγμένες τ.μ. Y_1, Y_2, \dots, Y_n ακολουθεί την κατανομή βήτα και ειδικότερα $Y_i \sim Beta(i, n - i + 1)$. Οπότε, προσεγγιστικά για μεγάλο n θα ισχύει για $i = 1, 2, \dots, n$

$$Y_{(i)} = F(X_i) \sim \frac{i}{n+1} \quad (6.6)$$

ή ισοδύναμα

$$X_i \sim F^{-1}\left(\frac{i}{n+1}\right) \text{ διότι } V(Y_i) \rightarrow 0, \text{ για } n \rightarrow \infty \quad (6.7)$$

Οπότε αν $X_i \sim F_0$, τότε τα n σημεία του επιπέδου

$$\left(F_0(X_i), \frac{i}{n+1}\right), i = 1, 2, \dots, n$$

ή ισοδύναμα τα n σημεία του επιπέδου

$$\left(X_i, F_0^{-1}\left(\frac{i}{n+1}\right)\right), i = 1, 2, \dots, n$$

θα βρίσκονται κοντά στη διαγώνιο $x = y$ που περνά από την αρχή των αξόνων. Το P-P Plot είναι το γράφημα των πρώτων n στοιχείων μαζί με τη διαγώνιο, ενώ το Q-Q Plot είναι το γράφημα των δεύτερων n στοιχείων μαζί με τη διαγώνιο. Και στα δύο γραφήματα, αν οι παρατηρήσεις βρίσκονται ‘κοντά’ στη διαγώνιο και ‘τυχαία’

γύρω από αυτήν, τότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τα δεδομένα προέρχονται από μία συγκεκριμένη κατανομή.

Ο λόγος που χρησιμοποιούμε τα εν λόγω διαγράμματα δεν είναι η άμεση εξαγωγή συμπερασμάτων, καθώς πρόκειται για μια μέθοδο που βασίζεται κατά ένα μέρος στην υποκειμενικότητα του χρήστη και όχι σε κάποια στατιστικές μετρήσεις. Συνήθως, πραγματοποιείται για να έχουμε μία πρώτη εποπτική εικόνα των δεδομένων μας, η οποία, στη συνέχεια, ελέγχεται με κατάλληλα κριτήρια.

Ο έλεγχος χ^2 (χι-τετράγωνο) καλής προσαρμογής. Ο έλεγχος χ^2 προτάθηκε από τον Pearson το 1900 και πρόκειται για τον αρχαιότερο και γνωστότερο έλεγχο καλής προσαρμογής. Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις εκείνες που θέλουμε να εξετάσουμε αν τα δεδομένα προέρχονται από μια ορισμένη κατανομή, το οποίο λαμβάνεται ως η μηδενική μας υπόθεση. Στόχος μας είναι η μελέτη της στατιστικής συνάρτησης p -value, η οποία όταν δεν ισχύει η H_0 λαμβάνει μεγάλες τιμές.

Η βάση του χ^2 ελέγχου καλής προσαρμογής είναι η ακόλουθη πρόταση:

Πρόταση 6.1.2. Αν το τυχαίο διάνυσμα $N = (N_1, \dots, N_k)$ ακολουθεί πολυωνυμική¹ κατανομή με παραμέτρους n και p_1, p_2, \dots, p_k (με $\sum_{i=1}^k p_i = 1$), τότε η στατιστική συνάρτηση

$$T = \sum_{i=1}^k \frac{(N_i - np_i)^2}{np_i}, \quad (6.8)$$

ακολουθεί ασυμπτωτικά ($n \rightarrow \infty$) κατανομή χ_{k-1}^2 (χι-τετράγωνο με $k-1$ βαθμούς ελευθερίας).

Θεωρούμε τυχαίο δείγμα με παρατηρήσεις X_1, X_2, \dots, X_n από την τυχαία μεταβλητή X . Θα πραγματοποιήσουμε τους εξής ελέγχους υποθέσεων:

$$H_0 : \text{Το δείγμα προέρχεται από την κατανομή } F_0 \quad (6.9)$$

$$H_1 : \text{Το δείγμα δεν προέρχεται από την κατανομή } F_0 \quad (6.10)$$

Για να χρησιμοποιήσουμε το αποτέλεσμα της προηγούμενης πρότασης θα διαμερίσουμε σε k σύνολα (A_1, A_2, \dots, A_k) το πεδίο τιμών του X_i υπό τη μηδενική υπόθεση. Θεωρούμε τις τυχαίες μεταβλητές $N_i =$ πλήθος των X_1, X_2, \dots, X_n που ανήκουν στο $A_i, i = 1, 2, \dots, k$. Αν ισχύει η H_0 , τότε το τυχαίο διάνυσμα $N = (N_1, \dots, N_k)$ ακολουθεί πολυωνυμική κατανομή με παραμέτρους n και p_1, p_2, \dots, p_k , όπου

$$p_i = P(X_1 \in A_i | H_0 : X_i \sim F_0), i = 1, 2, \dots, k \quad (6.11)$$

Άρα, υπό τη μηδενική υπόθεση η στατιστική συνάρτηση (5.7) ακολουθεί προσεγγιστικά κατανομή χ^2 με $k-1$ βαθμούς ελευθερίας, ενώ υπό την H_1 θα λαμβάνει μεγάλες τιμές, επομένως θα οδηγούμαστε στην απόρριψη της H_0 .

Επομένως, ο στατιστικός έλεγχος που θα πραγματοποιούμε για την H_0 θα προέρχεται από την προηγούμενη στατιστική συνάρτηση και θα οδηγούμαστε σε απόρριψη της H_0 όταν, με βάση τις παρατηρήσεις x_1, \dots, x_n ,

$$T(x) > c = \chi_{k-1}^2(a) : \text{άνω } \alpha\text{-σημείο της } \chi_{k-1}^2 \quad (6.12)$$

¹Πρόκειται για τη γενίκευση της διωνυμικής κατανομής και χρησιμοποιείται για να προβλεφθεί μία σειρά επαναλήψεων ανεξάρτητων τυχαίων ενδεχομένων.

με αντίστοιχο p-value

$$p - value = P(T(X) > T(x)) = 1 - F_{\chi_{k-1}^2}(T(x)) \quad (6.13)$$

Το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov (K-S) για ένα δείγμα. Όπως και ο χ^2 -ελέγχος, έτσι και το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov (K-S) χρησιμοποιείται για την καταλληλότητα της προσαρμογής μίας συνεχής κατανομής στα δεδομένα. Βασίζεται στη διαφορά της συνάρτησης κατανομής που προέρχεται από το δείγμα και της F_0 , την οποία μελετάμε.

Θεωρούμε X_1, X_2, \dots, X_n ένα τυχαίο δείγμα με εμπειρική συνάρτηση κατανομής (Ε.Σ.Κ.) \hat{F}_n . Ουσιαστικά, αν ισχύει η μηδενική υπόθεση H_0 , τότε περιμένουμε ότι η Ε.Σ.Κ. θα βρίσκεται κοντά στη F_0 . Σε αντίθετη περίπτωση, θα παρουσιάζονται σημαντικές αποκλίσεις. Καταλαβαίνουμε επομένως, ότι, διαισθητικά, αυτό που μας ενδιαφέρει είναι η απόσταση ανάμεσα στην Ε.Σ.Κ. και τη F_0 , η οποία όταν θα γίνεται μεγάλη θα μας οδηγήσει στην απόρριψη της H_0 .

Ορισμός 6.1.3. Αν F, G είναι δύο συναρτήσεις κατανομής, τότε η ποσότητα

$$d_k(F, G) = \sup_{x \in \mathbb{R}} |F(x) - G(x)| \quad (6.14)$$

καλείται απόσταση Kolmogorov μεταξύ της F και της G

Επομένως όταν η απόσταση που εκφράζεται από την εξίσωση 6.14 γίνει 'αρκετά μεγάλη', τότε απορρίπτουμε τη H_0 .

6.2 Μηνιαία μελέτη των δεδομένων των τραπεζών Α και Β

Στο σημείο αυτό θα εφαρμόσουμε όσα αναφέραμε στα προηγούμενα κεφάλαια με σκοπό την ποσοτικοποίηση του λειτουργικού κινδύνου των τραπεζών Α και Β μέσω της VaR. Για τα πλαίσια της εργασίας, αναλύσαμε δεδομένα της περιόδου 01/01/2009 έως 31/12/2012 στο στατιστικό πακέτο R. Παράλληλα με τη στατιστική μελέτη και ανάλυση των δύο περιπτώσεων, θα πραγματοποιείται και η ανάλογη σύγκριση των δύο τραπεζών.

Αρχικά, θα μελετήσουμε τη συχνότητα εμφάνισης των ζημιών σε μηνιαίο επίπεδο για την κάθε τράπεζα. Γνωρίζουμε ότι η κατανομή των σπάνιων γεγονότων είναι η Poisson και χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να μετρήσουμε τη συχνότητα εμφάνισης ενός συμβάντος. Θα προσαρμόσουμε, επομένως, τη μηνιαία συχνότητα των ζημιών στην Poisson. Σημειώνουμε ξανά ότι η μελετούμενη περίοδος είναι 1/1/2009 έως 31/12/2012 (4 χρόνια).

Με την προσαρμογή της μηνιαίας συχνότητας των δεδομένων στην Poisson στοχεύουμε στην εύρεση της παραμέτρου λ , για την οποία οι παρατηρήσεις προσεγγίζονται ικανοποιητικά από την εν λόγω κατανομή. Παράλληλα, με τον χ^2 -ελέγχο θα επιβεβαιώσουμε την ορθότητα των αποτελεσμάτων μας.

Για την πραγματοποίηση του χ^2 -ελέγχου, διατυπώνουμε τις εξής υποθέσεις:

H_0 : Το δείγμα προέρχεται από την κατανομή Poisson

H_1 : Το δείγμα **δεν** προέρχεται από την κατανομή Poisson

Οι υπολογισμοί φαίνονται στον Πίνακα 6.1.

Προσαρμογή μηνιαίων συχνοτήτων στην κατανομή Poisson				
	λ	χ^2 -έλεγχος		
		chi-square statistic	p-value	β.ε.
Τράπεζα Α	45.97917	7.5166	0.2757	6
Τράπεζα Β	153.6458	inf	0	6

Πίνακας 6.1: Προσαρμογή μηνιαίων συχνοτήτων στην Poisson

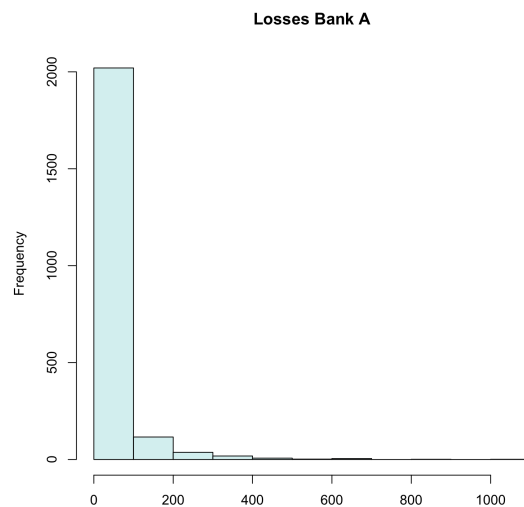
Όπως βλέπουμε, η τράπεζα Α ακολουθεί κατανομή Poisson με παράμετρο $\lambda = 45.97917$, ενώ η τιμή p-value είναι ίση με 0.2757, οδηγώντας μας στην αποδοχή της μηδενικής υπόθεσης. Άρα, η μηνιαία συχνότητα των ζημιών της τράπεζας Α ακολουθεί κατανομή Poisson με παράμετρο λ .

Αντιθέτως, από τη μικρή τιμή της p-value για την τράπεζα Β, οδηγούμαστε στην απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης. Οπότε, η μηνιαία συχνότητα των ζημιών της τράπεζας Β δεν ακολουθεί κατανομή Poisson.

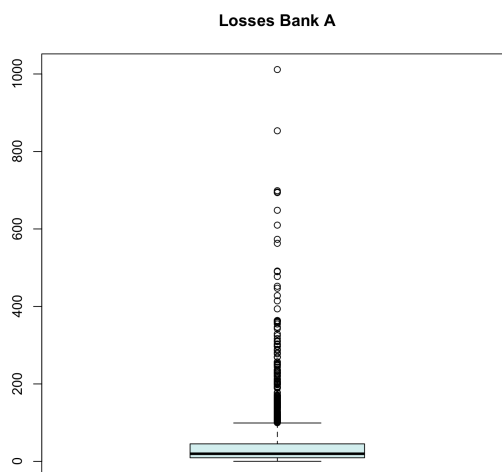
6.3 Ανάλυση δεδομένων αναφορικά με το ύψος των ζημιών

Προτού ξεκινήσουμε τη διαδικασία υπολογισμού της VaR θα αναλύσουμε το ύψος των ζημιών (σε χιλιάδες ευρώ) των τραπεζών Α και Β για την περίοδο 1/1/2009 έως και 31/12/2012. Θα επιχειρήσουμε να εξετάσουμε προκαταρκτικά τα δεδομένα μας προσεγγίζοντας γραφικά τις παρατηρήσεις με την κατασκευή του ιστογράμματος και του θηκογράμματος, ενώ στη συνέχεια, στον πίνακα που ακολουθεί, σημειώνουμε τις πληροφορίες που εξάγουμε σε πρώτη φάση για τα δεδομένα μας.

Για την τράπεζα Α έχουμε το ιστόγραμμα και το θηκόγραμμα, αντιστοίχως:



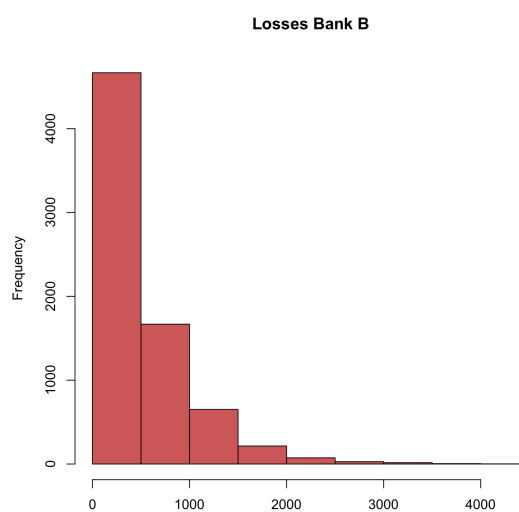
Σχήμα 6.4: Ιστόγραμμα ύψους ζημιών (Τράπεζα Α)



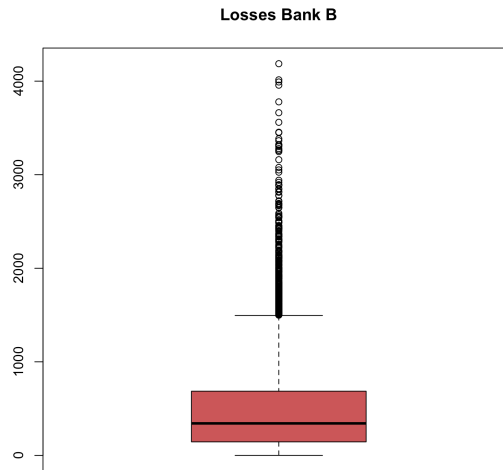
Σχήμα 6.5: Θηκόγραμμα ύψους ζημιών (Τράπεζα A)

Μπορούμε να πούμε ότι το ύψος των ζημιών της τράπεζας A δεν πρέπει να είναι ιδιαίτερος υψηλό, υπάρχουν ωστόσο κάποιες ακραίες τιμές σύμφωνα με τη μορφή του θηκογράμματος. Σε γενικές γραμμές η τράπεζα A, στο χρονικό διάστημα που μελετούμε, δεν παρουσιάζει ζημιές που να κρίνονται ανησυχητικές, ενώ υποθέτουμε ότι προέρχεται από κατανομή χωρίς παχίες ουρές.

Αντιστοίχως, όσον αφορά την τράπεζα B, έχουμε τα ακόλουθα γραφήματα:



Σχήμα 6.6: Ιστόγραμμα ύψους ζημιών (Τράπεζα B)



Σχήμα 6.7: Θηκόγραμμα ύψους ζημιών (Τράπεζα Β)

Σε αντίθεση με την τράπεζα Α, παρατηρούμε ότι στην περίπτωση της τράπεζας Β ζημιές μεγαλύτερου ύψους είναι συχνότερες, ενώ επίσης παρατηρούνται περισσότερες ακραίες τιμές. Μπορούμε, άρα, να συμπεράνουμε ότι η τράπεζα Β θα προέρχεται πιθανότατα από κατανομή με παχιά ουρά, λόγω της υψηλής εμφάνισης ζημιών μεγάλου μεγέθους.

Οι στατιστικές πληροφορίες για κάθε μία από τις τράπεζες καταγράφονται στον Πίνακα 6.2, ενώ τα αντίστοιχα ποσοστημόρια βρίσκονται στον Πίνακα 6.3. Όπως βλέπουμε, η τράπεζα Β έχει, εκ πρώτης όψεως, ζημιές μεγαλύτερου μεγέθους από αυτές της τράπεζας Α στο χρονικό διάστημα που μελετάμε (4 έτη), γεγονός που μας οδηγεί σε ένα πρώιμο συμπέρασμα ότι η Β δεν διαχειριζόταν επαρκώς τους λειτουργικούς της κινδύνους, με αποτέλεσμα να οδηγηθεί σε περισσότερα έξοδα-απώλειες. Αντιθέτως, η τράπεζα Α εμφανίζει μικρού μεγέθους ζημιές σε πλαίσια που δεν κρίνονται ιδιαίτερας ανησυχητικά. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι ορθότερα και πιο ασφαλή συμπεράσματα θα μπορούσαμε να εξαγάγουμε αν γνωρίζαμε και το μέγεθος της κάθε τράπεζας.

Ανάλυση ζημιών των τραπεζών Α και Β (σε χιλιάδες ευρώ)

	Ελάχιστη ζημιά	Μέγιστη ζημιά	Μέση ζημιά	Τυπική Απόκλιση
Τράπεζα Α	0.3397	1011.00	41.6800	71.0035
Τράπεζα Β	0.104	4186.00	496.40	496.3689

Πίνακας 6.2: Ανάλυση ζημιών των τραπεζών Α και Β

	Ποσοστημόρια			
	Ποσοστημόριο 25%	Ποσοστημόριο 50%	Ποσοστημόριο 75%	Ποσοστημόριο 99%
Τράπεζα Α	9.388	41.68	45.332	360.6834
Τράπεζα Β	144.40	496.400	686.00	2314.243

Πίνακας 6.3: Πίνακας ποσοστημοριών για τις τράπεζες Α, Β

6.3.1 Προσαρμογή ύψους ζημιών σε κατάλληλη κατανομή

Ένα βασικό βήμα για τη διαδικασία υπολογισμού της VaR είναι η εύρεση της κατανομής που ακολουθούν τα εμπειρικά δεδομένα. Ως εκ τούτου, θα αναλύσουμε τις παρατηρήσεις που αφορούν το ύψος των λειτουργικών ζημιών των τραπεζών A, B και θα ελέγξουμε τη προσαρμογή τους στις κατανομές Exponential, Weibull, Lognormal, αφού πρώτα προσδιορίσουμε τις αντίστοιχες παραμέτρους με τη Μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας.

Η εκτίμηση των παραμέτρων με τη μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας για κάθε κατανομή, σύμφωνα με το στατιστικό πακέτο R, καταγράφεται στον Πίνακα 6.4.

Εκτίμηση παραμέτρων με μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας					
	Exponential	Weibull		Lognormal	
	Rate	Shape	Scale	Meanlog	Sdlog
Τράπεζα A	0.02401	0.8363	37.0304	3.01857	1.1770
Τράπεζα B	0.002014	1.0070	497.9982	5.6395	1.2617

Πίνακας 6.4: Προσαρμογή δεδομένων στις κατανομές Exponential, Weibull, Lognormal (εκτίμηση με τη μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας).

Το επόμενο βήμα είναι να προσδιορίσουμε ποια κατανομή (Exponential, Weibull, Lognormal) ταιριάζει περισσότερο στα δεδομένα μας. Η διαδικασία αυτή είναι πολύ σημαντική στον τομέα της στατιστικής, ειδικά στην περίπτωση που επιθυμούμε να εξάγουμε προσομοιωμένα δεδομένα, διότι αυτά πρέπει να σχετίζονται με τα εμπειρικές παρατηρήσεις, δηλαδή να προέρχονται από την ίδια κατανομή, έτσι ώστε να διατηρούμε την ακρίβεια των υπολογισμών σε μαθηματικό και εννοιολογικό επίπεδο. Αφού πρώτα προσδιορίσουμε τις κατανομές που θέλουμε να μελετήσουμε, τις προσεγγίζουμε γραφικά με τα Q-Q Plots και στη συνέχεια αριθμητικά με τους ελέγχους καλής προσαρμογής. Θα προβούμε, επομένως, σε κατάλληλες υποθέσεις, τις οποίες και θα ελέγξουμε με τα εργαλεία που αναφέραμε παραπάνω.

Η μηδενική και η εναλλακτική υπόθεση για κάθε περίπτωση κατανομής είναι αντιστοίχως:

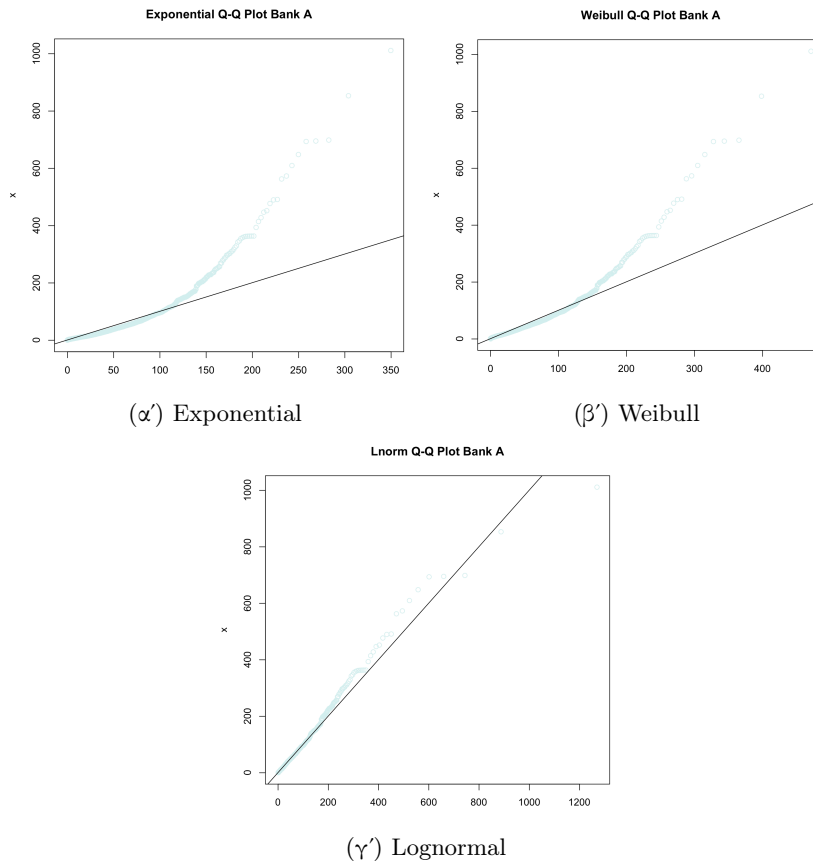
H_0 : Το δείγμα προέρχεται από την κατανομή (i) Exponential, (ii) Weibull, (iii) Lognormal

H_1 : Το δείγμα **δεν** προέρχεται από την κατανομή (i) Exponential, (ii) Weibull, (iii) Lognormal

Για τον έλεγχο των υποθέσεων θα χρησιμοποιήσουμε τα Q-Q plots, που αναφέραμε και προηγουμένως, για να έχουμε μια εποπτική εικόνα της κατανομής των δεδομένων. Στη συνέχεια θα πιστοποιήσουμε τις υποθέσεις μας μέσω κατάλληλων τεστ καλής προσαρμογής (Kolmogorov-Smirnoff και Anderson-Darling)

Τα Q-Q Plots για την τράπεζα A δίνονται στο Σχήμα 6.8. Εκτός από τα Q-Q Plot (Σχήμα 6.8) πραγματοποιούμε και τα τεστ καλής προσαρμογής για να οδηγηθούμε σε ασφαλέστερα συμπεράσματα. Τα αποτελέσματα που λαμβάνουμε για την τράπεζα A δίνονται στον Πίνακα 6.5.

Όπως είναι φανερό από τα διαγράμματα (Σχήμα 6.8) και τους ελέγχους (Πίνακας 6.5), η κατανομή που περιγράφει καλύτερα τα δεδομένα της τράπεζας A είναι η



Σχήμα 6.8: Προσαρμογή δεδομένων της τράπεζας A στις κατανομές Exponential, Weibull, Lognormal

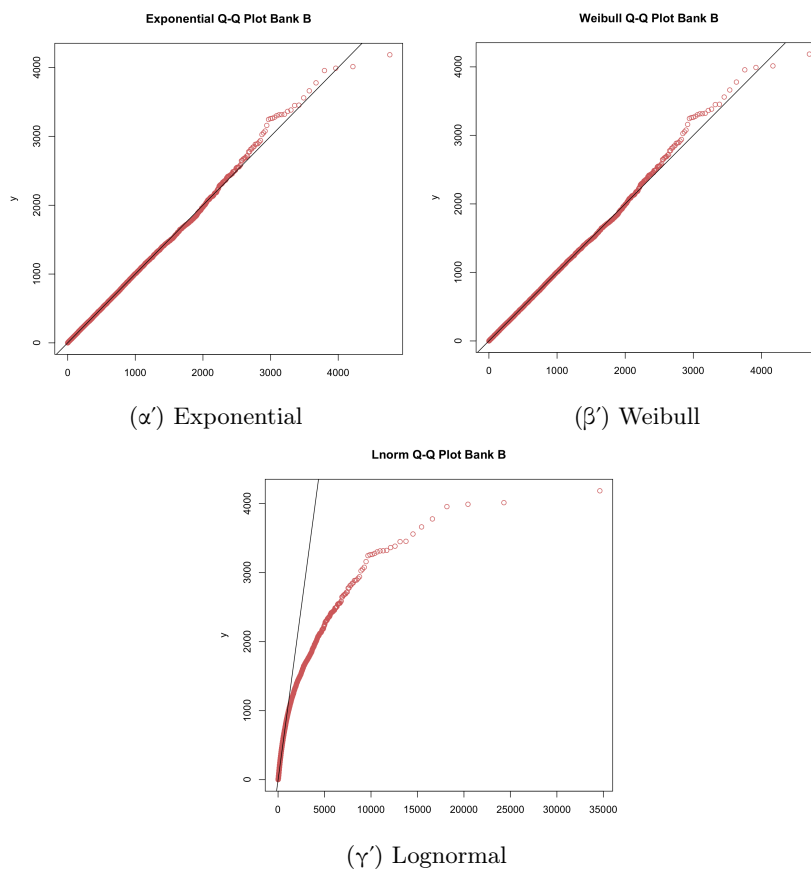
Έλεγχοι καλής προσαρμογής για την τράπεζα A			
	Exponential	Weibull	Lognormal
Kolmogorov - Smirnov	rejected	rejected	not rejected
Anderson - Darling	rejected	rejected	not computed

Πίνακας 6.5: Έλεγχοι καλής προσαρμογής για την τράπεζα A

κατανομή Lognormal, καθώς η H_0 σε αυτήν την περίπτωση δεν απορρίπτεται ενώ στο αντίστοιχο Q-Q Plot προσεγγίζεται καλύτερα η διαγώνιος.

Θα δουλέψουμε αντίστοιχα για την τράπεζα B. Ποιοτικά βλέπουμε (Σχήμα 6.9) ότι η εκθετική και η Weibull προσεγγίζουν ικανοποιητικά τα δεδομένα σε αντίθεση με τη Lognormal. Στη συνέχεια, πραγματοποιούμε ελέγχους καλής προσαρμογής για να επιβεβαιώσουμε τα συμπεράσματά μας και να αποφασίσουμε ποιά κατανομή θα επιλέξουμε.

Η ποιοτική μας παρατήρηση επιβεβαιώνεται και από τους ελέγχους (Πίνακας 6.6), καθώς όπως βλέπουμε η υπόθεση ότι τα δεδομένα ακολουθούν εκθετική (αντ. Weibull) κατανομή δεν απορρίπτεται, σε αντίθεση με την περίπτωση της



Σχήμα 6.9: Προσαρμογή δεδομένων της τράπεζας B στις κατανομές Exponential, Weibull, Lognormal

Έλεγχοι καλής προσαρμογής για την τράπεζα B			
	Exponential	Weibull	Lognormal
Kolmogorov - Smirnov	not rejected	not rejected	rejected
Anderson - Darling	not rejected	not rejected	not computed

Πίνακας 6.6: Έλεγχοι καλής προσαρμογής για την τράπεζα B

Lognormal. Θα επιλέξουμε την περίπτωση της Exponential διότι από τα Q-Q Plots υπερέχει προσεγγιστικά με πολύ μικρή, βέβαια, διαφορά.

Συνοψίζοντας, καταλήξαμε ότι το ύψος των ζημιών της τράπεζας A προσεγγίζεται κατάλληλα από την κατανομή Lognormal (λογαριθμική κανονική κατανομή), ενώ η τράπεζα B προσαρμόζεται στην Exponential (εκθετική κατανομή). Τα συμπεράσματα αυτά είναι ιδιαίτερος χρήσιμα για την προσομοίωση Monte Carlo που θα επιχειρήσουμε στη συνέχεια.

6.4 Υπολογισμός VaR και CVaR με την προμοίωση Monte Carlo

Γνωρίζουμε ότι, με την προσέγγιση Monte Carlo επιτυγχάνουμε την προσομοίωση μιας στοχαστικής διαδικασίας, η οποία αναπαριστά τη διαδρομή του υπό μελέτη χαρτοφυλακίου. Για την εργασία μας θα επιχειρήσουμε να προσομοιώσουμε 10000 σενάρια προσαρμοσμένα στις παρατηρήσεις που ήδη έχουμε κάνει. Γενικά, όσο μεγαλύτερο αριθμό σεναρίων επιχειρούμε, τόσο περισσότερο προσεγγίζουμε την πραγματικότητα και ελαχιστοποιούμε τυχόν αποκλίσεις. Ως εκ τούτου, θα συνδυάσουμε τα μέχρι τώρα αποτελέσματα σχετικά με τις μηνιαίες κατανομές συχνότητας ζημιών και τις κατανομές ύψους ζημιών για να υπολογίσουμε την αθροιστική κατανομή των ζημιών, από την οποία θα οδηγηθούμε στον υπολογισμό του VaR και του CVaR. Η αθροιστική κατανομή των ζημιών αντιπροσωπεύει τις ολικές ζημιές για την επόμενη χρονική περίοδο (μήνα) και προσφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια στις μετρήσεις μας.

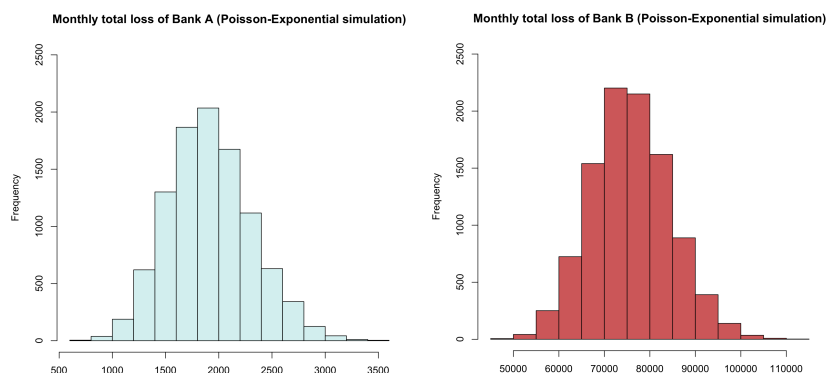
Σημειώνουμε ότι η προσομοίωση Monte Carlo είναι ένας τρόπος προσέγγισης για τον υπολογισμό της VaR. Δεν είναι η μοναδική επιλογή, καθώς όπως είδαμε και προηγουμένως, υπάρχουν και άλλοι μέθοδοι (π.χ. ιστορική προσομοίωση, διακύμανση-συνδιακύμανση) από τις οποίες μπορούμε να επιλέξουμε κάθε φορά αυτήν που μας εξυπηρετεί καλύτερα τη δεδομένη χρονική στιγμή. Σε κάθε περίπτωση, η Monte Carlo προσομοίωση εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα και υπερέρχει των άλλων, δίνοντας πιο ασφαλή αποτελέσματα.

Για την εφαρμογή της διαδικασίας θα γίνει χρήση μιας αλγοριθμικής μεθόδου μέσω του στατιστικού πακέτου της R, κατά την οποία θα προσομοιώσουμε $N = 10000$ το πλήθος 'μονοπάτια' (ζημιές) με συχνότητα εμφάνισης που θα περιγράφεται από την κατανομή $P(\lambda)$ και ύψος που θα ακολουθεί την αντίστοιχη κατανομή. Στη συνέχεια, θα αναπαραστήσουμε τις ζημιές (από τη μικρότερη στη μεγαλύτερη τιμή) και θα μελετήσουμε την τιμή της VaR και CVaR σε ορισμένο διάστημα εμπιστοσύνης.

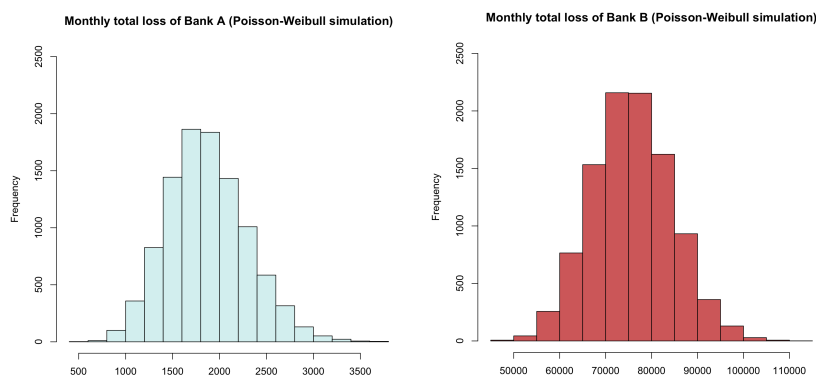
Για την περίπτωση της τράπεζας A είχαμε ελέγξει ότι η συχνότητα εμφάνισης ζημιών ακολουθεί κατανομή Poisson με παράμετρο $\lambda = 45.97917$, ενώ το ύψος των ζημιών ακολουθεί Lognormal κατανομή με $meanlog = 3.01857$ και $sdlog = 1.1770$. Αντιθέτως, η τράπεζα B γνωρίζουμε ότι μεμονωμένα η συχνότητα της δεν προσεγγίζεται από την Poisson, αλλά για το μέγεθος των ζημιών κρίνεται κατάλληλη η Exponential. Για τη συνολική κατανομή των ζημιών, θα ελέγξουμε κάθε περίπτωση ξεχωριστά για να δούμε ποιά συνδυασμένη κατανομή προσεγγίζει καλύτερα την κανονική, δίνοντας πιο ακριβής εκτίμηση των VaR, CVaR.

Υπενθυμίζουμε ότι η Value at Risk εκφράζει το όριο εκείνο, το οποίο οι ζημιές δεν πρόκειται να ξεπεράσουν, παρά μόνο στο $(1 - a)\%$ των περιπτώσεων, αποτελώντας ουσιαστικά το $(1 - a)$ ποσοστημόριο της εμπειρικής κατανομής. Επομένως, γνωρίζουμε με $(1 - a)\%$ επίπεδο σιγουριάς, ότι, η υπολογισθείσα τιμή της Value at Risk αντιπροσωπεύει τη μεγαλύτερη ζημιά που μπορεί να εμφανιστεί στο επιλεγθέν χρονικό διάστημα. Στο σχήμα 6.10 φαίνεται η γραφική αναπαράσταση για κάθε προσαρμοσμένη κατανομή της συνδυασμένης κατανομής της συνολικής ζημιάς.

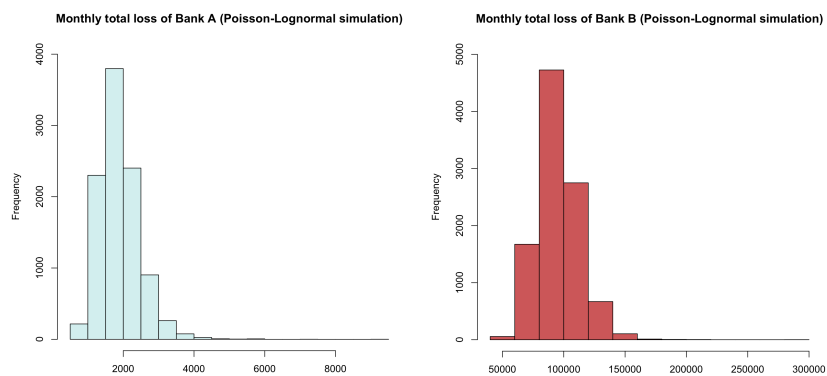
Στην αθροιστική κατανομή της ολικής ζημιάς της τράπεζας A, παρατηρείται σύμφωνα με το Σχήμα 6.10, καλύτερη προσαρμογή στο συνδυασμό Poisson-Exponential και Poisson-Weibull. Από τις δύο επιλέγεται η Poisson-Exponential καθώς προσεγγίζει περισσότερο την κανονική κατανομή. Αντιστοίχως για την τράπεζα B οι Poisson-Exponential και Poisson-Weibull κρίνονται κατάλληλες για την περιγραφή της ολικής ζημιάς της B, με την Poisson-Weibull να υπερέρχει με μικρή,



(α) Total loss A \sim Poisson-Exponential (β) Total loss B \sim Poisson-Exponential



(γ) Total loss A \sim Poisson-Weibull (δ) Total loss B \sim Poisson-Weibull



(ϵ) Total loss A \sim Poisson-Lognormal (ζ) Total loss B \sim Poisson-Lognormal

Σχήμα 6.10: Κατανομή ολικής ζημιάς για κάθε τράπεζα προσαρμοσμένη στις Poisson και Exponential, Weibull, Lognormal

ωστόσο, διαφορά. Οπότε τελικά, για την τράπεζα A επιλέγουμε την Poisson-Exponential, ενώ για την τράπεζα B την Poisson-Weibull.

Για την τράπεζα A υπολογίζουμε ότι η τιμή της VaR είναι ίση με 2914.401, ενώ η CVaR (ή Expected Shortfall) ισούται με 3067.185. Αντίστοιχα, για την

Υπολογισμός VaR και CVaR με 99% δ.ε.						
	Poisson-Exponential		Poisson-Weibull		Poisson-Lognormal	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
Τράπεζα Α	2914.401	3067.185	2960.098	3162.997	3598.827	4182.372
Τράπεζα Β	97124.13	100639.7	96901.89	100201.3	142777.1	156771.2

Πίνακας 6.7: Υπολογισμός VaR και CVaR με 99% διάστημα εμπιστοσύνης

τράπεζα Β έχουμε $VaR = 96901.89$ και $CVaR = 100201.3$. Είναι φανερό ότι η τράπεζα Β παρουσιάζει μεγαλύτερες λειτουργικές ζημιές, σε σχέση με την τράπεζα Α που έχει εμφανώς λιγότερες απώλειες. Ωστόσο, δεν μπορούμε να αναφέρουμε με ασφάλεια κάτι σχετικά με την κεφαλαιακή επάρκεια διότι δεν γνωρίζουμε το ακριβές μέγεθος και τις υποχρεώσεις κάθε τράπεζας.

6.5 Συμπεράσματα

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια έντονη κινητικότητα σε πολλαπλές πτυχές της καθημερινότητάς μας. Μεγάλες μεταβολές σημειώνονται σε κοινωνικό, οικονομικό, πολιτικό και πολιτισμικό επίπεδο με διαρκή αλληλοεπιρροή μεταξύ τους. Η ανάγκη για επιβίωση και εξέλιξη καθόρισε την αντίδραση του ανθρώπινου παράγοντα με στόχο τη μελέτη και προσαρμογή του στις αλλαγές αυτές. Ο τομέας της Διαχείρισης Κινδύνου είναι ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αυτής της τάσης με ταχεία ανάπτυξη τα τελευταία έτη.

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής γνωρίσαμε τη Δ.Κ. ως τομέα ενώ στη συνέχεια αναλύσαμε τους διαφόρους τύπους κινδύνου, δίνοντας περισσότερη έμφαση στην περίπτωση του λειτουργικού. Στη συνέχεια, επικεντρωθήκαμε στον υπολογισμό της Αξίας σε Κίνδυνο μέσω της μεθόδου προσομοιώσεων Monte Carlo. Η προσομοίωση σεναρίων, ως τεχνική, προτιμάται σε σχέση με τις υπόλοιπες, καθώς προσφέρει μια γενικότερη λύση συσχετίζοντας πολλά και διαφορετικά στοιχεία από διάφορες κατανομές, χωρίς να αποτελεί τροχοπέδη ο μεγάλος όγκος των δεδομένων. Μέσω αυτής της μεθόδου μας δόθηκε η ευχέρεια προσομοίωσης 10000 παρατηρήσεων, με βάση τα οποία έγιναν οι περαιτέρω υπολογισμοί. Η προσομοίωση Monte Carlo στηρίζεται σε μια στιβαρή και καλά ορισμένη (robust and well-defined) θεωρία και εφαρμόζεται στην πλειοψηφία των περιπτώσεων. Παράλληλα, η συλλογή μεγάλου αριθμού δεδομένων απαιτεί χρόνο, ο οποίος δεν είναι εφικτό να δοθεί. Με την τεχνική της προσομοίωσης ο παράγοντας του χρόνου 'συμπιέζεται', επιτρέποντας την εξέταση των προσομοιωμένων παρατηρήσεων σε μικρό χρονικό διάστημα. Ωστόσο, η χρήση της Monte Carlo πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή, καθώς υπάρχουν περιπτώσεις που μπορεί να οδηγηθούμε σε εσφαλμένα αποτελέσματα ή να μην προβλεφθεί κάποιο ακραίο σενάριο που να προκαλέσει μεγάλο ύψους ζημιές.

Το κύριο ζήτημα που πραγματεύεται η παρούσα εργασία είναι η αποτίμηση της VaR και της CVaR. Στα πλαίσια της εφαρμογής υπολογίσαμε τις αντίστοιχες τιμές για τις λειτουργικές ζημιές δύο τραπεζών με 99% διάστημα εμπιστοσύνης και χρονικό διάστημα ενός μήνα. Η μέθοδος της Value at Risk επιτρέπει την ποσοτικοποίηση του κινδύνου με έναν εύκολα κατανοητό και άμεσο τρόπο. Αποτελεί ένα πολύ σημαντικό εργαλείο για τον τομέα της Διαχείρισης Κινδύνου και έχει καθιε-

ρωθεί όχι μόνο για εσωτερικές μετρήσεις, αλλά και για εποπτικούς μηχανισμούς. Οδηγεί στη λήψη ορθών αποφάσεων σχετικά με τη χρηματοοικονομική στρατηγική ενός οργανισμού ενώ συμβάλει στον καθορισμό της κεφαλαιακής επάρκειας και στην αξιολόγηση των επενδύσεων.

Σε κάθε περίπτωση, η χρήση της VaR δεν αποτελεί πανάκεια για τη διαχείριση του κινδύνου ενός οργανισμού. Πρόκειται για ένα ισχυρό εργαλείο, το οποίο παρ'όλα αυτά διαθέτει μειονεκτήματα, που πρέπει πάντα να έχουμε υπόψιν όποτε το χρησιμοποιούμε. Σε συνδυασμό με συμπληρωματικές τεχνικές, όπως BackTesting, StressTesting, Expected Shortfall-CVaR, αποτελεί μια πλήρη μέθοδο αποτίμησης κινδύνου που προσφέρει αποτελέσματα και μετρήσεις μεγάλης ακρίβειας, δίνοντας ένα μεγάλο πλεονέκτημα στους οργανισμούς που επιλέγουν να τη χρησιμοποιήσουν.

Παράρτημα Α'

Κώδικας στο στατιστικό πακέτο R

```
1 |
2 | chl1m<-fitdist(monthlyfreqA,"pois")
3 | chl1m
4 | gofstat(chl1m)
5 |
6 | chl2m<-fitdist(monthlyfreqB,"pois")
7 | chl2m
8 | gofstat(chl2m)
9 |
10 |
11 | lossA<-read.table("lossA.txt",header=TRUE)
12 | x<-lossA[[1]]
13 | x
14 | summary(x)
15 | sd(x)
16 | quantile(x,c(0.99))
17 |
18 | lossB<-read.table("lossB.txt",header=TRUE)
19 | y<-lossB[[1]]
20 | y
21 | summary(y)
22 | sd(y)
23 | quantile(y,c(0.99))
24 |
25 |
26 | hist(x,main=paste("Losses Bank A"),col="lightcyan2")
27 | boxplot(x,main=paste("Losses Bank A"),col="lightcyan2")
28 |
29 | hist(y,main=paste("Losses Bank B"),col="indianred3")
30 | boxplot(y,main=paste("Losses Bank B"),col="indianred3")
31 |
32 |
33 | fit.exp<-fitdist(x,"exp")
34 | fit.exp
35 | gofstat(fit.exp)\$adtest
```

```
36 gofstat(fit.exp)\$ktest
37
38 fit.exp1<-fitdist(y,"exp")
39 fit.exp
40 gofstat(fit.exp)\$adtest
41 gofstat(fit.exp)\$ktest
42
43 fit.weib<-fitdist(x,"weibull")
44 fit.weib
45 gofstat(fit.weib)\$adtest
46 gofstat(fit.weib)\$ktest
47
48 fit.weib1<-fitdist(y,"weibull")
49 fit.weib
50 gofstat(fit.weib)\$adtest
51 gofstat(fit.weib)\$ktest
52
53 fit.lnorm<- fitdist(x,"lnorm")
54 gofstat(fit.lnorm)\$adtest
55 gofstat(fit.lnorm)\$kstest
56
57 fit.lnorm1<- fitdist(y,"lnorm")
58 gofstat(fit.lnorm)\$adtest
59 gofstat(fit.lnorm)\$kstest
60
61
62 qqplot(qexp(ppoints(2207), rate=0.024), x, main=paste("
  Exponential Q-Q Plot Bank A"), col="lightcyan2")
63 abline(1,1)
64 qqplot(qweibull(ppoints(2207), shape=0.8363,scale=37.0304), x,
  main=paste("Weibull Q-Q Plot Bank A"), col="lightcyan2")
65 abline(1,1)
66 qqplot(qlnorm(ppoints(2207), meanlog=3.01857, sdlog=1.177), x,
  main=paste("Lnorm Q-Q Plot Bank A"), col="lightcyan2")
67 abline(1,1)
68
69 qqplot(qexp(ppoints(7327), rate=0.002014), y, main=paste("
  Exponential Q-Q Plot Bank B"), col="indianred3")
70 abline(1,1)
71 qqplot(qweibull(ppoints(7327), shape=1.0070,scale=497.9982), y,
  main=paste("Weibull Q-Q Plot Bank B"), col="indianred3")
72 abline(1,1)
73 qqplot(qlnorm(ppoints(7327), meanlog=5.6395, sdlog=1.2617), y,
  main=paste("Lnorm Q-Q Plot Bank B"), col="indianred3")
74 abline(1,1)
75
76
77
78 gofstat(list(fit.exp, fit.lnorm, fit.weib))
79 gofstat(list(fit.exp1, fit.lnorm1, fit.weib1))
80
81
82
83 totallossA1<-c(1:10000)
```

```
84 for(i in 1:10000)
85   {
86     totallossA1[i]<-sum(rexp(rpois(1,45.97917),0.02401))
87   }
88
89 hist(totallossA1,ylim=c(0,2500),main="Monthly total loss of
    Bank A (Poisson-Exponential simulation)",col="lightcyan2")
90
91 xA1<-c(quantile(totallossA1,c(0.95,0.99,0.999)))
92 xA1
93
94 tmaxA1b<-totallossA1[totallossA1>xA1[[2]]]
95 CVaRA1b<-mean(tmaxA1b)
96
97
98 totallossA2<-c(1:10000)
99 for(i in 1:10000)
100   {
101     totallossA2[i]<-sum(rweibull(rpois(1,45.97917),
    ,0.8363,37.0304))
102   }
103
104 hist(totallossA2,ylim=c(0,3000),main="Monthly total loss of
    Bank A (Poisson-Weibull simulation)",col="lightcyan2")
105
106 xA2<-c(quantile(totallossA2,c(0.95,0.99,0.999)))
107 xA2
108
109 tmaxA2b<-totallossA2[totallossA2>xA2[[2]]]
110 CVaRA2b<-mean(tmaxA2b)
111
112
113 totallossA3<-c(1:10000)
114 for(i in 1:10000)
115   {
116     totallossA3[i]<-sum(rlnorm(rpois(1,45.97917),3.01857,
    1.1770))
117   }
118
119 hist(totallossA3,ylim=c(0,4000),main="Monthly total loss of
    Bank A (Poisson-Lognormal simulation)",col="lightcyan2")
120
121 xA3<-c(quantile(totallossA3,c(0.95,0.99,0.999)))
122 xA3
123
124 tmaxA3b<-totallossA3[totallossA3>xA3[[2]]]
125 CVaRA3b<-mean(tmaxA3b)
126
127
128
129 totallossB1<-c(1:10000)
130 for(i in 1:10000)
131   {
132     totallossB1[i]<-sum(rexp(rpois(1,152.6458),0.002014))
```

```
133   }
134
135 hist(totallossB1 ,ylim=c(0,2500),main="Monthly total loss of
      Bank B (Poisson-Exponential simulation)",col="indianred3")
136
137 xB1<-c(quantile(totallossB1 ,c(0.95,0.99,0.999)))
138 xB1
139
140 tmaxB1b<-totallossB1 [totallossB1 >xB1 [[2]]]
141 CVaRB1b<-mean(tmaxB1b)
142
143
144 totallossB2<-c(1:10000)
145 for(i in 1:10000)
146   {
147     totallossB2 [i]<-sum(rweibull(rpois(1,152.6458)
      ,1.0070,497.9982))
148   }
149
150 hist(totallossB2 ,ylim=c(0,2500),main="Monthly total loss of
      Bank B (Poisson-Weibull simulation)",col="indianred3")
151
152 xB2<-c(quantile(totallossB2 ,c(0.95,0.99,0.999)))
153 xB2
154
155 tmaxB2b<-totallossB2 [totallossB2 >xB2 [[2]]]
156 CVaRB2b<-mean(tmaxB2b)
157
158
159 totallossB3<-c(1:10000)
160 for(i in 1:10000)
161   {
162     totallossB3 [i]<-sum(rlnorm(rpois(1,152.6458),5.6395, 1.2617)
      )
163   }
164
165 hist(totallossB3 ,ylim=c(0,5000),main="Monthly total loss of
      Bank B (Poisson-Lognormal simulation)",col="indianred3")
166
167 xB3<-c(quantile(totallossB3 ,c(0.95,0.99,0.999)))
168 xB3
169
170 tmaxB3b<-totallossB3 [totallossB3 >xB3 [[2]]]
171 CVaRB3b<-mean(tmaxB3b)
```


Βιβλιογραφία

- [1] Αντζουλάκος, Δ. (2013). *Σημειώσεις μαθήματος "Ανάλυση Δεδομένων με τη Χρήση Στατιστικών Πακέτων - Εισαγωγή στο R"*. Πειραιάς: Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- [2] Γκόρτσος, Χ. (2011). *Ρυθμιστική παρέμβαση και εποπτεία του χρηματοπιστωτικού τομέα*. Αθήνα.
- [3] Κιόχος, Π. Θάνος, Γ. Σαλαμούρης, Δ. Κιόχος, Α. (2002). *Επιχειρησιακή Έρευνα*. Αθήνα: Σύγχρονη Εκδοτική.
- [4] Κολέτσος, Ι. Στογιάννης, Δ. (2012). *Εισαγωγή στην Επιχειρησιακή Έρευνα*. Αθήνα: Εκδόσεις Συμεών.
- [5] Μπούτσινας, Μ. (2004). *Σημειώσεις μαθήματος "Στατιστικά Προγράμματα"*. Πειραιάς: Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- [6] Συριόπουλος, Κ. (2000). *Διαχείριση τραπεζικού κινδύνου*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- [7] Υψηλάντης, Π. (2010). *Επιχειρησιακή Έρευνα*. Αθήνα: Εκδόσεις Προπομπός.
- [8] Φουσχάκης, Δ. (2010). *Ανάλυση δεδομένων με χρήση της R*. Αθήνα: Εκδόσεις Τσότρας.
- [9] Balin, B. (2008). *Basel I, Basel II, and Emerging Markets: A Nontechnical Analysis*. The John Hopkins University School of Advanced International Studies (SAIS). Washington, USA.
- [10] Basel Committee on Banking Supervision. (July 1988). *Basel I: International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards*. Basel, Switzerland.
- [11] Basel Committee on Banking Supervision. (June 2006). *Basel II: Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: A Revised Framework, Comprehensive Version*. Basel, Switzerland.
- [12] Basel Committee on Banking Supervision. (June 2011). *Basel III: A global regulatory framework for more resilient banks and banking systems*. Basel, Switzerland.
- [13] Basel Committee on Banking Supervision. (January 2013). *Basel III: The Liquidity Coverage Ratio and liquidity risk monitoring tools*. Basel, Switzerland.

- [14] Best, P. (1998). *Implementing Value at Risk* Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- [15] Bohdalova, M. (11-13 June 2007). *A comparison of Value-at-Risk methods for measurement of the financial risk*. Prague. Czech Republic: E-Leader Conference.
- [16] Chernobai, A. Rachev, S. Fabozzi, F. (2007). *Operational Risk: A Guide to Basel II Capital Requirements, Models and Analysis* New Jersey: John Wiley & Sons Ltd.
- [17] Dowd, K. (1999). *Beyond Value at Risk: The new science of risk management* Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- [18] Jorion, P. (2007). *Value at Risk: The new benchmark for managing financial risk-3rd ed.* USA: McGraw-Hill.
- [19] McNeil, Alexander, J. Frey, R. Embrechts, P. (2005). *Quantitative Risk Management*. USA: Princeton University Press
- [20] Terpezan-Tabara, O. A., (22-24 May 2008) *The Importance of Value at Risk Method in the Management of Banking Risk*. Romania. Bucharest: 4th International Conference of ASECU: "Development Cooperation and Competiveness".
- [21] Vose, D. (2008) *Risk Analysis-A quantitative guide*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.