

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΙΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Μοντέλα πιθανοτήτων για την περιγραφή λειτουργικών κινδύνων

ΕΙΡΗΝΗ Ι. ΠΑΧΟΥ

Διπλωματική Εργασία

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Στατιστικής και Ασφαλιστικής
Επιστήμης του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των απαιτήσεων
για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην
Αναλογιστική Επιστήμη και Διοικητική Κινδύνου

Πειραιάς,

Οκτώβριος 2016

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από τη ΓΣΕΣ του Τμήματος Στατιστικής και Ασφαλιστικής Επιστήμης του Πανεπιστημίου Πειραιώς στην υπ' αριθμ. συνεδρίασή του σύμφωνα με τον Εσωτερικό Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Αναλογιστική Επιστήμη και Διοικητική Κινδύνου

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Κούτρας Μάρκος (Επιβλέπων)
- Αντζουλάκος Δημήτριος
- Ανθρωπέλος Μιχάηλ

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Στατιστικής και Ασφαλιστικής Επιστήμης του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνωμών του συγγραφέα.

UNIVERSITY OF PIRAEUS



**DEPARTMENT OF STATISTICS
AND INSURANCE SCIENCE**

**POSTGRADUATE PROGRAM IN ACTUARIAL
SCIENCE AND RISK MANAGEMENT**

Probability models for Operational Risk

EIRINI I. PACHOU

MSc Dissertation

submitted to the Department of Statistics and Insurance Science of
the University of Piraeus in partial fulfillment of the requirements
for the degree of Master of Science in Actuarial Science and Risk
Management

Piraeus, Greece

October 2016

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο λειτουργικός κίνδυνος αναφέρεται στον κίνδυνο (πιθανότητα) να υποστεί ζημία ένας οργανισμός (τράπεζα, ασφαλιστική εταιρεία κτλ) εξαιτίας μη επαρκών ή αποτυχημένων εσωτερικών διαδικασιών, ανθρώπινων ενεργειών και συστημάτων ή εξωτερικών γεγονότων. Για την αποτίμηση του λειτουργικού κινδύνου είναι απαραίτητο να γίνουν υπολογισμοί διαφόρων μέτρων κινδύνου όπως Value at Risk, Expected Shortfall κτλ. Για την αποτίμηση των τελευταίων χρειάζεται η προσαρμογή κατάλληλων μοντέλων πιθανοτήτων τα οποία συνήθως δεν ανήκουν στα κλασσικά μοντέλα της Στατιστικής.

Στην παρούσα εργασία θα γίνει παρουσίαση των μεθοδολογιών που ακολουθούνται για την εκτίμηση του κεφαλαίου το οποίο απαιτείται για την κάλυψη του λειτουργικού κινδύνου (Βασική Προσέγγιση, Τυποποιημένη Προσέγγιση, Εξελιγμένες Προσεγγίσεις Μέτρησης). Θα αναδειχθεί η ανάγκη γενίκευσης των κλασσικών μοντέλων για να γίνει ικανοποιητική περιγραφή οικονομικών κα άλλων μεγεθών που σχετίζονται με λειτουργικούς κινδύνους. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν διάφορες κατανομές που μπορούν να προσεγγίσουν ικανοποιητικά τις κατανομές μεγεθών τα οποία σχετίζονται με λειτουργικούς κινδύνους. Θα παρουσιαστεί η μεθοδολογία που ακολουθείται για την εκτίμηση των παραμέτρων των παραπάνω κατανομών. Τέλος, Θα γίνει πρακτική εφαρμογή των τεχνικών αυτών σε πραγματικά δεδομένα.

ABSTRACT

Operational risk refers to the risk (probability) of an organization (bank, insurance company, etc.) to suffer damages due to insufficient or failed internal processes, human actions and systems or from external events. For the assessment of operational risk it is necessary to evaluate various risk measures such as Value at Risk, Expected Shortfall, etc. The evaluation of these indices requires the fitting of appropriate probability models which, in most cases, do not belong to the classical statistical models .

The present MSc thesis will present the methodologies to be followed for the assessment of the necessary capital to cover operational risk (Basic Approach, Standardized Approach, Advanced Measurement Approach). We shall highlight the need for generalization of the classical models in order to have an adequate description of economic and other parameters related to operational risks. Then we shall present various distributions which can describe satisfactorily the distributions of variables related to operational risks. The methodology used to estimate the parameters of these distributions will also be presented. Finally, we shall illustrate the use of these techniques in the analysis of a real dataset.

*Στους γονείς μου,
Γιάννη & Μαριάνθη*

Ευχαριστίες

Με την παρούσα εργασία ολοκληρώνεται η ακαδημαϊκή μου πορεία και ξεκινά ένας νεός κύκλος στην ζωή μου. Θα ήθελα λοιπόν να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα κατήγητη μου κ. Μάρκο Κούτρα για την ανάθεση του θέματος, για την αμέριστη καθοδήγηση, συμπαράσταση και τις γνώσεις που μου μετέδωσε καθ'όλη τη διάρκεια πραγματοποίησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στην οικογένεια μου για την υπέρτατη ηθική και οικονομική στήριξη που μου προσέφεραν για την υλοποίησω τις μεταπτυχιακές μου σπουδές.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	I
Abstract	II
Κατάλογος Πινάκων	X
Κατάλογος Διαγραμμάτων	XI
Κατάλογος Σχημάτων	XII
Πρόλογος	XIV
Κεφάλαιο 1: Η έννοια του κινδύνου και οι επιμέρους κίνδυνοι	
1.1 Ορισμός του Κινδύνου	1
1.2 Είδη των κινδύνων που εμφανίζονται στα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα	2
1.3 Άλλες μορφές κινδύνων	6
1.4 Λειτουργικός κίνδυνος	8
1.5 Οι τύποι Λειτουργικού κινδύνου	10
1.6 Ζημίες χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων λόγω λειτουργικού κινδύνου	12
Κεφάλαιο 2: Ο Λειτουργικός κίνδυνος στα πλαίσια της Βασιλείας II	
2.1 Εισαγωγή	14
2.2 Πυλώνας I - Ελάχιστες κεφαλαιακές απαιτήσεις	17
2.3 Προσεγγιστικές μέθοδοι υπολογισμού των κεφαλαιακών απαιτήσεων για την κάλυψη του λειτουργικού κινδύνου.	20
2.4 Πυλώνας II - Διαδικασία Εποπτικής Αξιολόγησης	30
2.5 Πυλώνας III - Πειθαρχία της αγοράς με βάση την δημοσιοποίηση στοιχείων και πληροφοριών σχετικών με τον κίνδυνο	31
Κεφάλαιο 3: Αποτίμηση του λειτουργικού κινδύνου μέσω μέτρων κινδύνου	
3.1 Εισαγωγή	32
3.2 Ορισμός και ερμηνεία της αξίας σε κίνδυνο (VaR)	33
3.3 Παράμετροι για τον υπολογισμό του VaR	35
3.4 Αθροιστική κατανομή ζημιών	36
3.5 Μοντελοποίηση της συχνότητας των ζημιών	39

3.6	Μοντελοποίηση του μεγέθους των ζημιών	41
3.7	Μέθοδος προσομοίωσης Monte Carlo	46
3.8	Συνεπή μέτρα κινδύνου	47
3.9	Αναμενόμενη υπο συνθήκη ζημία	48
Κεφάλαιο 4: Γενικευμένες Κατανομές για την περιγραφή Λειτουργικών Κινδύνων		
4.1	Εισαγωγή	53
4.2	Θεωρία Ακραίων Τιμών	53
4.3	Γενικευμένη Κατανομή Ακραίων Τιμών	56
4.4	Εκτίμηση των παραμέτρων της Γενικευμένης Κατανομής Ακραίων Τιμών	61
4.5	Αξία σε κίνδυνο και αναμενόμενη υπό συνθήκη ζημία μέσω της Γενικευμένης Κατανομής Ακραίων Τιμών	63
4.6	Γενικευμένη Κατανομή Pareto	64
4.7	Εκτίμηση των παραμέτρων της Γενικευμένης Κατανομής Pareto	66
4.8	Επιλογή κατάλληλου ορίου για τη Γενικευμένη Κατανομή Pareto	68
4.9	Αξία σε κίνδυνο και αναμενόμενη υπό συνθήκη ζημία μέσω Γενικευμένης Κατανομής Pareto	70
Κεφάλαιο 5: Εφαρμογή σε δεδομένα Λειτουργικού Κινδύνου		74
Κεφάλαιο 6: Σύνοψη		91
Βιβλιογραφία		93

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.2	Οι πιο συχνά εμφανιζόμενοι Κίνδυνοι στα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα
Πίνακας 1.5	Η συχνότητα και το μέγεθος κάθε τύπου Λειτουργικού Κινδύνου
Πίνακας 2.1	Περιγραφή των αρχών των τριών Πυλώνων της Βασιλείας II
Πίνακας 2.2	Οι 8 κατηγορίες των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων των τραπεζών και ο συντελεστής β , που αντιστοιχεί στην κάθε μια κατηγορία
Πίνακας 3.6.1	Κατανομές με ελαφριά ουρά
Πίνακας 3.6.2	Κατανομές με μεσαία ουρά
Πίνακας 3.6.3	Πίνακας κατανομών με βαριά ουρά
Πίνακας 5.1	Επιχειρηματικοί Τομείς και Κατηγορίες Κινδύνων
Πίνακας 5.2	Αριθμός ατομικών ζημιογόνων γεγονότων των τραπεζών στην LCDE
Πίνακας 5.3	Αποτελέσματα λειτουργικών ζημιών ανά επιχειρηματικό τομέα και κατηγορία κινδύνου
Πίνακας 5.4	Αποτελέσματα μεγέθους λειτουργικών ζημιών ανά επιχειρηματικό τομέα και κατηγορία κινδύνου σε εκατ. €
Πίνακας 5.5	Πίνακας αριθμού τραπεζών που παρείχαν δεδομένα ζημιών ανά επιχειρηματικό τομέα και ο συνολικός αριθμός παρατηρήσεων
Πίνακας 5.6	Αποτελέσματα Bootstrapping
Πίνακας 5.7	Παραμέτροι της LogNormal και Gumbel και έλεγχοι καλής προσαρμογής K-S και A-D
Πίνακας 5.8	Επιλεγμένο Κατώφλι
Πίνακας 5.9	Εκτίμηση Παραμέτρων GPD και έλεγχοι καλής προσαρμογής
Πίνακας 5.10	VaR Κατανομή GPD (σε εκατ €)
Πίνακας 5.11	Εκτίμηση μεγέθους απωλειών μέσω GPD_{MS} (σε εκατ. €)
Πίνακας 5.12	Συγκεντρωτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων για την καταλληλότερη κατανομή μεγάλου μεγέθους απωλειών

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 2.1	Αναμενόμενη και μη αναμενόμενη ζημιά
Διάγραμμα 3.2	Γραφική απεικόνιση του 99% Λειτουργικού VaR
Διαγραμμα 3.6.1	Διαγραμματική απεικόνιση κατανομών με ελαφριά ουρά
Διαγραμμα 3.6.2	Διαγραμματική απεικόνιση κατανομών με μεσαία ουρά
Διαγραμμα 3.6.3	Διαγραμματική απεικόνιση κατανομών με βαριά ουρά
Διάγραμμα 3.7	Γραφική απεικόνιση του Expected Shortfall
Διάγραμμα 4.2.1	Σχημάτικη απεικόνιση σώματος και ουράς κατανομής
Διάγραμμα 4.2.2α	Απεικόνιση προσέγγισης Block Maxima
Διάγραμμα 4.2.2β	Απεικόνιση προσέγγισης POT
Διάγραμμα 4.3.1	Γραφική παράσταση της κατανομής Gumbel για διάφορες τιμές των παραμέτρων μ, σ
Διάγραμμα 4.3.2	Γραφική παράσταση της κατανομής Fréchet για διάφορες τιμές των παραμέτρων α, β
Διάγραμμα 4.3.3α	Γραφική παράσταση της κατανομής Weibull για διάφορες τιμές των παραμέτρων α, β
Διάγραμμα 4.3.3β	Γραφική παράσταση της κατανομής Weibull με την προσθήκη της παραμέτρου θέσης γ
Διάγραμμα 4.3.4α	Γραφική παράσταση της συνάρτησης πιθανότητας της Γενικευμένης Κατανομής Ακραίων Τιμών
Διάγραμμα 4.3.4β	Γραφική παράσταση της αθροιστικής συνάρτησης πιθανότητας της Γενικευμένης Κατανομής Ακραίων Τιμών
Διάγραμμα 4.6.1	Γραφική παράσταση της Γενικευμένης Κατανομής Pareto για διάφορες τιμές της παραμέτρου ξ
Διάγραμμα 5.1	Αθροιστική συνάρτηση κατανομής προσαρμογής Gumbel και LogNormal στα δεδομένα του ET1 Υπηρεσίες προς Επιχειρήσεις
Διάγραμμα 5.2	Προσαρμογή Gumbel και LogNormal στα δεδομένα του ET1 Υπηρεσίες προς Επιχειρήσεις (με έμφαση στην ουρά)
Διάγραμμα 5.3	Προσαρμογή Gumbel και LogNormal στα δεδομένα του ET3 Λιανική Τραπεζική (με έμφαση στην ουρά)

Διάγραμμα 5.4 Προσαρμογή Gumbel και LogNormal στα δεδομένα των ET6,ET7,ET8 (με έμφαση στην ουρά)

Διάγραμμα 5.5 Απεικόνιση μέσης υπέρβασης για κάθε ET

Διάγραμμα 5.6 Απεικόνιση προσαρμογής της GPD για κάθε ET

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1.4 Παράγοντες εμφάνισης Λειτουργικού Κινδύνου

Σχήμα 3.4 Απεικόνιση της διαδικασίας υπολογισμού της αθροιστικής κατανομής για τον υπολογισμό του VaR

Πρόλογος

Η έννοια του κινδύνου αλλά και η διαχείρισή του είναι θέματα που απασχολούν εδώ και δεκαετίες όχι μόνο την οικονομική και χρηματοοικονομική επιστήμη αλλά και ολόκληρο το χρηματοοικονομικό, επιχειρηματικό, επενδυτικό και πιστοληπτικό γίγνεσθαι σε ολόκληρο τον κόσμο.

Μέσα σε αυτήν την συνεχώς μεταβαλλόμενη οικονομική πραγματικότητα και αστάθεια οι επιχειρήσεις και οι χρηματοοικονομικοί και επενδυτικοί οργανισμοί καλούνται όχι μόνο να επιβιώσουν αλλά και να αναπτυχθούν. Στην προσπάθειά τους αυτή, στρέφονται σε μια κατεύθυνση εξεύρεσης αποτελεσματικών τεχνικών ποσοτικοποίησης, μέτρησης και διαχείρισης του κινδύνου.

Η διαχείριση κινδύνου είναι κεντρικός πυρήνας της στρατηγικής διαχείρισης κάθε οργανισμού. Είναι η διεργασία με την οποία οι οργανισμοί προσεγγίζουν μεθοδικά τους κινδύνους που σχετίζονται με τις δραστηριότητές τους, με σκοπό την επίτευξη κέρδους σε κάθε δραστηριότητα. Το επίκεντρο της καλής διαχείρισης κινδύνου είναι η αναγνώριση και ο χειρισμός αυτών των κινδύνων. Αυξάνει την πιθανότητα επιτυχίας των συνολικών στόχων του οργανισμού.

Η διαχείριση κινδύνων χωρίζεται σε τρεις βασικούς τομείς:

1. Την αναγνώριση κινδύνων όπου η ανάλυση ασχολείται με τις επιπτώσεις και όχι τόσο με τα αίτια διότι στην επόμενη φάση γίνεται ποσοτικός προσδιορισμός.

2. Τον ποσοτικό προσδιορισμό τους στόχος του οποίου είναι να απαντηθεί το ερώτημα «πόσο επικίνδυνη είναι μια δραστηριότητα;». Περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό από τεχνικές για την αξιολόγηση του επιπέδου του κινδύνου, μια εξ αυτών είναι η γνωστή μέθοδος monte carlo. Οι συγκεκριμένες τεχνικές ακολουθούν την ίδια μέθοδο:

- Εκτίμηση της πιθανότητας να συμβεί το ενδεχόμενο
- Προσδιορισμός της έκτασης της επίπτωσης του ενδεχομένου (κρίσιμη, σημαντική, δευτερεύουσας σημασίας), και τον έλεγχο ή μετριασμό των επιπτώσεων τους. Τέτοιου είδους τεχνικές θα αναλυθούν εκτενώς στην πορεία της εργασίας.

3. Τον έλεγχο ή μετριασμό των επιπτώσεων τους. Αφού αναγνωριστούν οι κίνδυνοι που χρήζουν διαχείρισης, χρειάζονται κάποιες διαδικασίες για να διασφαλιστεί ότι θα μειωθεί η πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου ή ότι θα γίνει μετριασμός των επιπτώσεων.

Για παράδειγμα, ο κίνδυνος να καθυστερήσει μια δραστηριότητα μπορεί να μειωθεί μέσω της μείωσης της κλίμακας της δραστηριότητας. Πρέπει να γίνει αναλυτικός έλεγχος και καταγραφή των διαφόρων επιπτώσεων που θα προκληθούν από τους συγκεκριμένους κινδύνους που έχουν αναγνωριστεί.

Με την διαχείριση κινδύνου παρέχεται ένα σημαντικό "όπλο" για την βελτίωση των σχεδίων του έργου και ταυτόχρονα εξασφαλίζεται μια καλύτερη αποτύπωση της πραγματικότητας. Ήδη από την φάση του σχεδιασμού επισημαίνονται οι τομείς που χρειάζονται περισσότερη προσοχή. Έτσι είναι δυνατή η πιο άμεση και γρήγορη αντιμετώπιση των κινδύνων. Ακόμη δίνεται η δυνατότητα ποσοτικοποίησης του κινδύνου και ταυτόχρονα η δυνατότητα παρακολούθησης της πορείας αυτού του παράγοντα στο παρελθόν με σκοπό να αξιοποιηθεί η γνώση στο μέλλον σε άλλα έργα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Η έννοια του κινδύνου και τα είδη κινδύνων

1.1 Ορισμός του Κινδύνου

Κάθε οργανισμός πορεύεται με προοπτική να επιτύχει τους στόχους του. Ωστόσο, λίγοι οργανισμοί τους επιτύγχανουν άψογα, ενώ αρκετοί αποτυγχάνουν παταγωδώς, ως σημείο που να μην μπορούν να επιβιώσουν. Οι περισσότεροι οργανισμοί βρίσκονται κάπου στο ενδιάμεσο, επιτυγχάνοντας μόνο αποτελέσματα που είναι πολύ κάτω από το δυναμικό της απόδοσής τους.

Στα χρηματοοικονομικά ο κίνδυνος είναι το βασικό στοιχείο που επηρεάζει την οικονομική συμπεριφορά μιας επιχείρησης. Δεν υπάρχει μοναδικός ή ενιαίος ορισμός του κινδύνου, αλλά αυτό δεν αποτελεί έκπληξη. Ο ορισμός εξαρτάται από το πλαίσιο και τον σκοπό για τον οποίο επιθυμεί κανείς να διατυπώσει την έννοια του κινδύνου. Σε γενικές γραμμές, υπάρχουν δύο τρόποι για να προσδιορίσουμε τον κίνδυνο:

1. Ως ένα μέτρο της αβεβαιότητας.
2. Ως είναι ένα μέτρο για να συλλάβει τη δυνατότητα της διατήρησης μια απώλεια.

Ο πρώτος ορισμός φανερώνει ότι ο κίνδυνος είναι ένα μέτρο της αβεβαιότητας για το μέλλον των αποτελεσμάτων, ή, με άλλα λόγια, είναι ένα μέτρο της απόκλισης των πραγματικών από τα αναμενόμενα μελλοντικά αποτελέσματα. Στο πλαίσιο μιας επένδυσης, ο κίνδυνος είναι η μεταβλητότητα των αναμενόμενων μελλοντικών ταμειακών ροών (που μετράται, για παράδειγμα, με την τυπική απόκλιση). Λόγω αυτής της αβεβαιότητας και επειδή οι διακυμάνσεις στην υποκείμενη αξία μπορεί να εμφανιστούν είτε σε αρνητική είτε σε θετική κατεύθυνση, κίνδυνοι που ορίζονται με αυτόν τον τρόπο δεν αποκλείουν τη δυνατότητα των θετικών αποτελεσμάτων. Ως εκ τούτου, ο κίνδυνος δεν είναι κατ'ανάγκην αντιληπτός ως αρνητική έννοια. Η ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας μετράται με τη χρήση στατιστικών μεγεθών όπως η τυπική απόκλιση. Με άλλα λόγια προσπαθούμε να δημιουργήσουμε μια μέτρηση της πιθανότητας ότι η πραγματοποιηθείσα απόδοση θα διαφέρει από την αναμενόμενη.

Ο δεύτερος ορισμός δείχνει ότι ο κίνδυνος έχει αρνητικές συνέπειες. Ο κίνδυνος γίνεται αντιληπτός ως η πιθανότητα μιας αρνητικής απόκλισης ή τη διατήρηση μιας απώλειας. Πιο συγκεκριμένα, ο κίνδυνος με βάση τον δεύτερο ορισμό είναι μια κατάσταση κατά την οποία υπάρχει το ενδεχόμενο μιας δυσμενούς απόκλισης από ένα επιθυμητό αποτέλεσμα που αναμένεται.

Για παράδειγμα, οι ασφαλιστικές εταιρείες αντιμετωπίζουν τον κίνδυνο να πρέπει να πληρώσουν μεγάλες απαιτήσεις για τους ασφαλισμένους και οι τράπεζες εκτίθενται στον κίνδυνο αύξησης των ζημιών που οφείλονται σε δυσμενείς κινήσεις των συνθηκών της αγοράς (κίνδυνος αγοράς) ή εμφάνισης ζημιών λόγω της αδυναμίας ενός αντισυμβαλλόμενου ή ενός δανειολήπτη να εκτελεί, μια υποχρέωση (πιστωτικός κίνδυνος).

1.2 Είδη των κινδύνων που εμφανίζονται στα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα

Υπάρχουν διαφορετικά είδη κινδύνων που μια επιχείρηση μπορεί να αντιμετωπίσει και πρέπει να ξεπεραστούν. Ευρέως, οι κίνδυνοι μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες: Επιχειρηματικού κινδύνου, μη-επιχειρηματικού κινδύνου και χρηματοοικονομικού κινδύνου.

α. Επιχειρηματικός Κίνδυνος

Αυτοί οι τύποι κινδύνων αναλαμβάνονται από τους ίδιους τους επιχειρηματίες των επιχειρήσεων, προκειμένου να μεγιστοποιήσουν την αξία των μετόχων και τα κέρδη. Για παράδειγμα: εταιρείες αναλαμβάνουν κινδύνους υψηλού κόστους στο μάρκετινγκ για να λανσάρουν νέα προϊόντα, προκειμένου να επιτύχουν υψηλότερες πωλήσεις. Πρόκειται για τον κίνδυνο μείωσης της αποδοτικότητας και της παραγωγικότητας μιας επιχείρησης λόγω λανθασμένων αποφάσεων της διοίκησης, που έχουν ως συνέπεια την εμφάνιση ζημιών.

β. Μη Επιχειρηματικός Κίνδυνος

Αυτοί οι τύποι κινδύνου κατ'ουσίαν δεν είναι υπό τον έλεγχο των επιχειρήσεων. Οι κίνδυνοι που προκύπτουν από τις πολιτικές και οικονομικές ανισορροπίες μπορεί να χαρακτηριστούν ως μη-επιχειρηματικοί κίνδυνοι.

γ. Χρηματοοικονομικός κίνδυνος

Ο όρος χρηματοοικονομικός κίνδυνος υποδηλώνει είναι τον κίνδυνο που συνεπάγεται απο οικονομική ζημία για τις επιχειρήσεις. Ο χρηματοοικονομικός κίνδυνος οφείλεται στην αστάθεια και τις ζημίες στη χρηματοοικονομική αγορά που προκαλείται από τις κινήσεις των τιμών των μετοχών, νομισμάτων, επιτοκίων, διακυμάνσεις στο συνάλλαγμα που διαμορφώνουν το κόστος εισαγωγών ή την ελκυστικότητα των εξαγωγών μας στο εξωτερικό ευνοώντας κάποιους ανταγωνιστές στην ντόπια ή διεθνή αγορά και πολλά άλλα. Πρόκειται για τον κίνδυνο που προέρχεται από τη χρήση δανειακών κεφαλαίων από την εταιρία. Όσο αυξάνονται τα ξένα προς τα ίδια κεφάλαια, τόσο περισσότερο εκτίθεται η επιχείρηση στον χρηματοοικονομικό κίνδυνο.

Ο χρηματοοικονομικός κίνδυνος είναι ένας από τους τύπους κινδύνου υψηλής προτεραιότητας για κάθε επιχείρηση. Ο κίνδυνος αυτός προκαλείται λόγω των κινήσεων της αγοράς που μπορεί να περιλαμβάνει πλήθος παραγόντων. Με βάση αυτό, ο οικονομικός κίνδυνος μπορεί να ταξινομηθεί σε διάφορους τύπους όπως κινδύνους αγοράς, πιστωτικό κίνδυνο, κίνδυνο ρευστότητας, λειτουργικό κίνδυνος και το νομικό κίνδυνο.

Στον επόμενο πίνακα ακολουθεί μια σύντομη αναφορά στους τέσσερις πιο συχνά εμφανιζόμενους κινδύνους σε ένα χρηματοοικονομικό φορέα, που θα παρουσιαστούν πιο αναλυτικότερα παρακάτω:

Πίνακας 1.2 Οι πιο συχνά εμφανιζόμενοι Κίνδυνοι στα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα

Πιστωτικός Κίνδυνος	Κίνδυνος Αγοράς	Λειτουργικός Κίνδυνος	Επιχειρηματικός Κίνδυνος
Κίνδυνος λόγω αδυναμίας ή αρνησης ενός εκδότη, δανειστή ή αντισυμβαλλομένου να εκπληρώσει τις συμβατικές του υποχρεώσεις λόγω ή και λόγω υποβάθμισης της φερεγγυότητας του	Κίνδυνος ζημιάς λόγω δυσμενών μεταβολών σε αγορές χρηματοοικονομικών προϊόντων (π.χ. διαχείριση διαθεσίμων, κινδυνος ρευστότητας κ.α.)	Κίνδυνος ζημιάς από την αποτυχία ή την ανεπάρκεια εσωτερικών διαδικασιών, ανθρώπων και συστημάτων ή απο εξωτερικά γεγονότα	Κίνδυνοι που επηρεάζουν τα κέρδη της επιχείρησης και δεν περιλαμβάνονται στις υπόλοιπες κατηγορίες (π.χ. Τεχνολογία, καινοτομία, διαχείριση πελατών κ.α.)
Credit Risk	Market Risk	Operational Risk	Business Risk

Κίνδυνος Φήμης (Reputation Risk)
Δημιουργείται όταν εμφανίζονται γεγονότα που δημιουργούν την αίσθηση στους πελάτες, επενδυτές, προμηθευτές κλπ, ότι η συμπεριφορά του οργανισμού διαφέρει απο τις προσδοκίες που οι ίδιοι έχουν.

Ο **Κίνδυνος αγοράς** (market risk) αφορά την έκθεση σε μεταβαλλόμενους παράγοντες της αγοράς όπως διακυμάνσεις επιτοκίων, διακυμάνσεις συναλλαγματικών ισοτιμιών, χρηματιστηριακών δεικτών, διακυμάνσεις στις τιμές των μετοχών ή και διακυμάνσεις στη μεταβλητότητα. Με άλλα λόγια είναι ο κίνδυνος που προέρχεται από τη μεταβολή των τιμών ενός προϊόντος /ων σε μια διεθνή ή σε μια τοπική αγορά. Αποτελεί μια από τις πιο συχνές μορφές επενδυτικού κινδύνου. Η μεταβολή ειδικότερα στις τιμές των μετοχών επηρεάζει την εκπλήρωση των υποχρεώσεων των χρηματοπιστωτικών φορέων. Ο κίνδυνος αγοράς συνήθως αντιμετωπίζεται με τεχνικές αντιστάθμισης κινδύνου και με τη χρήση παραγώγων.

Οι συνηθέστεροι παράγοντες κινδύνου της αγοράς είναι οι εξής:

(α) Κίνδυνος μετοχών, ήτοι ο κίνδυνος να μεταβληθούν οι τιμές των μετοχών συνεπεία διαφόρων παραγόντων.

(γ) Συναλλαγματικός κίνδυνος, δηλαδή ο κίνδυνος μεταβολής των συναλλαγματικών ισοτιμιών.

(δ) Κίνδυνος εμπορευμάτων, που αφορά τον κίνδυνο μεταβολής των τιμών των εμπορευμάτων, όπως των μετάλλων ή του σίτου.

Η μεταβολή δεικτών μετοχών ή άλλων δεικτών αποτελεί επίσης παράγοντα που λαμβάνεται υπόψη κατά την αξιολόγηση του κινδύνου αγοράς.

Ο **Πιστωτικός κίνδυνος** (credit risk) είναι ο κίνδυνος απώλειας μιας χρηματικής αμοιβής, που οφείλεται στην αδυναμία του αντισυμβαλλόμενου να αποπληρώσει ένα δάνειο ή να εκπληρώσει μία συμβατική υποχρέωσή του. Για μια επιχείρηση ο πιστωτικός κίνδυνος αναφέρεται στον κίνδυνο που διατρέχει να μην εισπράξει έγκαιρα τις απαιτήσεις της ή, σε μερικές περιπτώσεις, να μην τις εισπράξει ποτέ. Η αθέτηση μιας συμφωνίας υπό την άρνηση πληρωμής επηρεάζει δυσμενώς τις ταμειακές ροές μιας επένδυσης (cash-flows) αλλά και συνήθως υποχρεώνει την μερική διαγραφή στοιχείων του ενεργητικού (assets) και συνεπώς την μείωση της λογιστικής αξίας μιας επένδυσης (book value). Ο πιστωτικός κίνδυνος μπορεί να ταξινομηθεί σε Sovereign Risk και σε κίνδυνο διακανονισμού (Settlement Risk). Sovereign Risk προκύπτει συνήθως λόγω των δύσκολων πολιτικών συναλλάγματος. Ο κίνδυνος διακανονισμού από την άλλη πλευρά προκύπτει όταν το ένα μέρος κάνει την πληρωμή, ενώ το άλλο μέρος δεν εκπληρώνει τις υποχρεώσεις.

Ο **Κίνδυνος ρευστότητας** (liquidity risk) είναι ο κίνδυνος να αδυνατεί η επιχείρηση να προβεί σε άμεση ρευστοποίηση μιας επένδυσης στην τιμή ισορροπίας, λόγω έλλειψης αγοραστικού ενδιαφέροντος ή λόγω στενότητας οικονομικών πόρων. Ο κίνδυνος Ρευστότητας εμφανίζεται όταν υπάρχει ετεροχρονισμός μεταξύ απαιτήσεων και υποχρεώσεων, διακρίνεται σε:

- Κίνδυνο ρευστότητας της αγοράς (market liquidity risk): είναι ο κίνδυνος που αντιμετωπίζει ο κάτοχος ενός συγκεκριμένου τίτλου από την έλλειψη δυνατότητας να ρευστοποιήσει το συγκεκριμένο τίτλο γρήγορα και σε μία τιμή κοντά στην τρέχουσα αγοραία τιμή του.
- Κίνδυνο χρηματοδότησης ρευστότητας (funding liquidity risk): σχετίζεται με την ανικανότητα άντλησης κεφαλαίων για να ανταποκριθεί ένας επενδυτής στις υποχρεώσεις ταμειακών ροών.

Ο **Λειτουργικός κίνδυνος** (operational risk) γεννάται λόγω εφαρμογής ανεπαρκών ή αποτυχημένων εσωτερικών διαδικασιών, προσωπικού και πληροφορικών ή επικοινωνιακών συστημάτων, καθώς και λόγω εξωτερικών παραγόντων, όπως φυσικές καταστροφές ή τρομοκρατικές επιθέσεις, που θέτουν εκτός λειτουργίας τα συστήματα διακανονισμού των συναλλαγών ή μειώνουν την αξία των περιουσιακών στοιχείων που αποτελούν αντικείμενα της συναλλαγής (π.χ. κίνδυνος κατάρρευσης των τεχνικών συστημάτων μιας οργανωμένης αγοράς, κίνδυνος ακατάλληλης διοίκησης μίας εταιρίας με τίτλους εισηγμένους σε χρηματιστήριο κλπ). Στον λειτουργικό κίνδυνο εντάσσεται και ο νομικός κίνδυνος. Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας και πιο συγκεκριμένα στην Ενότητα 1.4 θα δοθεί μια λεπτομερής παρουσίαση αυτού του κινδύνου, καθώς αποτελεί κύριο θέμα εστίασης και θα μας απασχολήσει στο μεγαλύτερο μέρος αυτής.

Τέλος, ο **Νομικός κίνδυνος** (legal risk) περιλαμβάνει πιθανές απώλειες που μπορεί να προκύψουν από νομικές παραλείψεις των επιχειρήσεων (π.χ. πρόστιμα), πολλοί τον κατατάσσουν στον λειτουργικό κίνδυνο.

1.3 Άλλες μορφές κινδύνων

Ενας ή περισσότεροι κίνδυνοι από τους κινδύνους που περιγράφονται παρακάτω μπορεί να ισχύουν σωρευτικά και να αυξάνουν έτσι το επίπεδο κινδύνου στο οποίο ο επενδυτής είναι εκτεθειμένος.

i. Κίνδυνος επιτοκίου (interest rate risk)

Ο κίνδυνος επιτοκίου συνδέεται με δυσμενείς διακυμάνσεις των επιτοκίων. Οι αυξομειώσεις των επιτοκίων μεταβάλλουν τις τιμές των αξιογράφων, στην περίπτωση που παραμένουν σταθεροί όλοι οι άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές. Ο κίνδυνος επιτοκίου εμπεριέχει και τον κίνδυνο του κόστους διατήρησης. Το κόστος διατήρησης είναι θετικό ή αρνητικό αν το κόστος χρηματοδότησης του στοιχείου ενεργητικού είναι αντιστοίχως υψηλότερο ή χαμηλότερο από τον λαμβανόμενο τόκο. Κατ' αυτόν τον τρόπο, το κόστος διατήρησης για δάνειο με κυμαινόμενο επιτόκιο μπορεί να αυξηθεί σε περίπτωση αύξησης των επιτοκίων. Οι διακυμάνσεις των επιτοκίων δύνανται να εκθέσουν τον κάτοχο χρηματοοικονομικών μέσων σε κίνδυνο απώλειας κεφαλαίου.

ii. Πολιτικός κίνδυνος (country risk, political risk)

Οι επενδύσεις που γίνονται σε ξένες κεφαλαιαγορές μπορεί να συνοδεύονται από τον κίνδυνο απώλειας αποδόσεων λόγω μιας απρόσμενης πολιτικής αστάθειας ή μιας εμπόλεμης κατάστασης, καταστάσεις που χαρακτηρίζονται από μεγάλη μεταβλητότητα.

iii. Κίνδυνος διακανονισμού (settlement risk)

Ειδικότερη μορφή του πιστωτικού κινδύνου που προκύπτει λόγω μη εκπλήρωσης υποχρεώσεων των αντισυμβαλλομένων που συμμετέχουν σε συστήματα πληρωμών και διακανονισμού συναλλαγών επί χρηματοπιστωτικών μέσων. Ο κίνδυνος διακανονισμού είναι ο κίνδυνος που σχετίζεται με συναλλαγές σε χρηματοοικονομικά μέσα που δεν διευθετούνται με τη συμφωνημένη ημερομηνία παράδοσης. Στην περίπτωση αυτή, ο κίνδυνος ισοδυναμεί με τη διαφορά μεταξύ της τιμής του προϊόντος κατά την υποτιθέμενη ημερομηνία παράδοσης και στην τιμή του προϊόντος κατά την πραγματική

ημερομηνία παράδοσης. Αυτή είναι η διαφορά ανάμεσα στην τιμή διακανονισμού η οποία συμφωνήθηκε για το χρηματοοικονομικό μέσο και την τρέχουσα αγοραία τιμή κατά την πραγματική ημερομηνία διακανονισμού, μπορεί να οδηγήσει σε μια απώλεια. Οι κεφαλαιαγορές διαθέτουν διαφορετικές διαδικασίες διακανονισμού και παράδοσης, και, σε ορισμένες αγορές, οι διαδικασίες αυτές είναι πιθανόν να επηρεάζονται από τον όγκο συναλλαγών και κατά συνέπεια διακυβεύεται η εκτέλεσή τους. Η αποτυχία ολοκλήρωσης του διακανονισμού εξαιτίας των προβλημάτων αυτών δυνατόν να αποτρέψει έναν επενδυτή από την αξιοποίηση επενδυτικών ευκαιριών.

iv. Συναλλαγματικός κίνδυνος (exchange rate risk)

Ο συναλλαγματικός κίνδυνος υπάρχει όταν η αξία ενός υποκείμενου περιουσιακού στοιχείου υπολογίζεται ή συνδέεται με ένα δείκτη νομίσματος διαφορετικό από το νόμισμα του επενδυτή. Η μείωση ή αύξηση των συναλλαγματικών ισοτιμιών μπορούν να προκαλέσουν, ανάλογα με την περίπτωση, αύξηση ή μείωση της αξίας του χρηματοοικονομικού μέσου, η αξία του οποίου είναι εκφρασμένη σε ξένο νόμισμα. Οι επενδύσεις που γίνονται σε ξένες κεφαλαιαγορές μπορεί να συνοδεύονται από τον κίνδυνο απώλειας των αποδόσεων των κεφαλαίων από μια μείωση της συναλλαγματικής ισοτιμίας ή μιας υποτίμησης του νομίσματος. Προέρχεται από τις μεταβολές των συναλλαγματικών ισοτιμιών οι οποίες επηρεάζουν – την αξία μιας επένδυσης που γίνεται σε ξένο νόμισμα – καθώς και τις υποχρεώσεις ή απαιτήσεις των επιχειρήσεων που πραγματοποιούν διεθνείς συναλλαγές

v. Πληθωριστικός κίνδυνος (inflation risk)

Ο κίνδυνος πληθωρισμού είναι ο κίνδυνος που συνδέεται με την απώλεια της πραγματικής αξίας του κεφαλαίου που οφείλεται σε μια μεγαλύτερη από την αναμενόμενη άνοδο του πληθωρισμού. Ο πληθωρισμός μειώνει την αγοραστική δύναμη της επένδυσης και θα πρέπει το μέγεθος να αποπληθωριστεί για να βρούμε την πραγματική αξία.

1.4 Λειτουργικός κίνδυνος

Πρώτοι ορισμοί ορίζουν το λειτουργικό κίνδυνο ως τον κίνδυνο που δεν μπορεί να καταχωρηθεί ως κίνδυνος αγοράς ή πιστωτικός κίνδυνος, ή ως ο κίνδυνος να υποστούμε ζημιά εξαιτίας ανθρώπινου ή τεχνικού λάθους. Στη συνέχεια ορισμένοι ορισμοί συμπεριέλαβαν την περίπτωση ατυχήματος.

Αναφορικά και συνοπτικά παρατίθεται δυο εναλλακτικοί ορισμοί από την JPMorgan Chase και Deutsche Bank για τον λειτουργικό κίνδυνο. Η *JPMorgan Chase* έχει προσαρμόσει τον ορισμό πολύ απλά ως εξής: *Ο λειτουργικός κίνδυνος είναι ο κίνδυνος ζημιάς που προκύπτει από ανεπαρκείς ή αποτυχημένες διαδικασίες σε συστήματα, ανθρώπινο παράγοντα ή εξωτερικών γεγονότων.* Η Deutsche Bank έχει μια πιο δημιουργική ερμηνεία για τον λειτουργικό κίνδυνο: *Ο λειτουργικός κίνδυνος είναι η πιθανότητα αποτυχίας (συμπεριλαμβανομένου του νομικού στοιχείου) σε σχέση με τους εργαζόμενους, τις συμβατικές προδιαγραφές και τεκμηρίωση, την τεχνολογία, τις υποδομές και τις καταστροφές, τις εξωτερικές επιρροές και τις πελατειακές σχέσεις.*

Σύμφωνα όμως με την Βασιλεία II λειτουργικός κίνδυνος είναι, *ο κίνδυνος των αναποτελεσματικών λειτουργιών μιας τράπεζας, με επακόλουθο τη μείωση της ροής των εσόδων ή πιο συγκεκριμένα, ο κίνδυνος εμφάνισης ζημιών από απάτη ή από έκτακτα έξοδα, όπως για παράδειγμα έξοδα για δικαστικό αγώνα, από πολυπλοκότητα εργασιών, από τεχνολογικές δυσλειτουργίες, από μεθόδους ασφάλειας, από λάθη προσωπικού και άλλες πιο εξειδικευμένες αιτίες.* Ο ορισμός αυτός περιέχει τον νομικό κίνδυνο αλλά δεν περιέχει τον κίνδυνο φήμης και τον στρατηγικό κίνδυνο.

Ο λειτουργικός κίνδυνος αναφέρεται στις απώλειες που μπορεί να προκύψουν, λόγω της ανεπάρκειας των συστημάτων και των εσωτερικών ελέγχων, των ανθρωπίνων σφαλμάτων, αποτυχιών της διοίκησης και ενδεχομένων δυσχερειών, μεταξύ των βασικών παραγόντων της εταιρικής διοίκησης, δηλαδή των μετόχων, των διευθυντικών στελεχών ή των εκπροσώπων των εργαζομένων. Δηλαδή, είναι η πιθανότητα μεταβολής στα κέρδη ή στα ίδια κεφάλαια της τράπεζας, λόγω προβλημάτων στη λειτουργία ή και στην παροχή υπηρεσιών. Ένα σημαντικό είδος λειτουργικού κινδύνου αφορά τον τεχνολογικό κίνδυνο, δηλαδή τον κίνδυνο βλάβης ή ανεπάρκειας των συστημάτων τεχνολογίας πληροφορικής. Τούτο σημαίνει, ότι υπάρχει ανάγκη προστασίας των συστημάτων από ενδογενείς δυσχέρειες ή εξωτερικές παρεμβάσεις. Οι λειτουργικοί

κίνδυνοι σχετίζονται με την κακή λειτουργία των πληροφοριακών συστημάτων, των συστημάτων reporting, και των εσωτερικών κανόνων παρακολούθησης της διαχείρισης κινδύνου. Άλλες όψεις του λειτουργικού κινδύνου περιλαμβάνουν γεγονότα όπως, πυρκαγιές, σεισμούς ή άλλες φυσικές καταστροφές. Οι λειτουργικοί κίνδυνοι μπορούν να ταξινομηθούν από αμελητέοι (για παράδειγμα, ο κίνδυνος βλάβης των φωτοτυπικών μηχανημάτων), μέχρι ουσιαστικοί και σημαντικοί (για παράδειγμα, κίνδυνος πτώχευσης, εξαιτίας του αναποτελεσματικού διαχειριστικού ελέγχου, όπως στην περίπτωση της Τράπεζας Barings το 1995).

Έτσι λοιπόν, οι λειτουργικοί κίνδυνοι μπορεί να εμφανιστούν:

α) είτε, σε τεχνικό επίπεδο (technical risk).

β) είτε, στο επίπεδο οργανωτικής δομής της παρακολούθησης των κινδύνων.

Επίπεδα εμφάνισης λειτουργικού κινδύνου:

- i) Άνθρωποι (ανθρώπινο λάθος, απειρία ή/και ανικανότητα, απάτη)
- ii) Ανεπαρκείς διαδικασίες στην προώθηση πληροφοριών, λάθη στην καταγραφή των συναλλαγών, οργανωσιακές ανεπάρκειες, ανεπάρκειες στην επίβλεψη κινδύνων)
- iii) Τεχνικό (λάθη στα μοντέλα, λάθη στην υλοποίηση τεχνικών συστημάτων, απουσία επαρκών εργαλείων για μέτρηση κινδύνων)
- iv) Πληροφοριακά συστήματα (υπολειτουργία, βλάβες)
- v) Εξωτερικοί παράγοντες (απρόβλεπτα γεγονότα, πχ περιβαλλοντικά), οικονομικό, έγκλημα -απάτες)

Σχήμα 1.4 Παράγοντες εμφάνισης Λειτουργικού Κινδύνου



Ορισμένες λειτουργικές ζημιές αναμένεται να συμβούν κάποιες άλλες όχι. Οι αναμενόμενες ζημιές είναι γενικά αυτές που συμβαίνουν σε συχνή (όπως κάθε ημέρα) βάση, όπως ως ήσσονος σημασίας σφάλματα των εργαζομένων και μικρές απάτες με πιστωτικές κάρτες, απροσδόκητων ζημιών. Οι μη αναμενόμενες ζημιές είναι εκείνες που γενικά δεν μπορεί να προβλεφθούν εύκολα, όπως οι τρομοκρατικές επιθέσεις, φυσικές καταστροφές, και μεγάλης κλίμακας εσωτερικές απάτες.

Οι αναμενόμενες ζημιές αναφέρονται γενικά στις απώλειες της χαμηλής σοβαρότητας (ή μέγεθος) και υψηλής συχνότητας. Γενικεύοντας την ιδέα αυτή, οι λειτουργικές ζημιές μπορούν γενικά να ταξινομηθούν σε τέσσερις κύριες ομάδες:

1. Χαμηλή συχνότητα / Χαμηλό μέγεθος
2. Υψηλή συχνότητα / Χαμηλό μέγεθος
3. Υψηλή συχνότητα / Υψηλό μέγεθος
4. Χαμηλή συχνότητα / Υψηλό μέγεθος

Οι απώλειες της υψηλής συχνότητας / χαμηλού μεγέθους συχνά μπορούν να προληφθούν. Ιδιαίτερη ανησυχία προκαλούν οι λειτουργικές ζημιές χαμηλής συχνότητας / υψηλού μεγέθους των ζημιών. Οι τράπεζες πρέπει να δίνουν ιδιαίτερη προσοχή για αυτές τις απώλειες διότι μπορεί να οδηγήσουν σε πτώχευση ή σε σημαντική μείωση της αξίας της τράπεζας.

1.5 Οι τύποι Λειτουργικού Κινδύνου

Οι επτά τύποι λειτουργικού κινδύνου μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως προς τη συχνότητα (αριθμός ζημιογόνων γεγονότων κατά τη διάρκεια μιας ορισμένης χρονικής περιόδου) και ως προς το μέγεθος (το πόσο μικρό ή μεγάλο είναι ένα ζημιογόνο γεγονός κατά τη διάρκεια μιας ορισμένης χρονικής περιόδου).

Στον πίνακα που ακολουθεί ο οποίος βασίζεται στα αποτελέσματα από την Επιτροπή της Βασιλείας (2002), δείχνει τη συχνότητα και το μέγεθος κάθε τύπου Λειτουργικού Κινδύνου που μπορεί να προκύψουν για μια τράπεζα με επενδύσεις, εμπορικές επιχειρήσεις, επιχειρήσεις λιανικής πώλησης.

**Πίνακας 1.5 Η συχνότητα και το μέγεθος κάθε τύπου Λειτουργικού Κινδύνου
(πηγή: Chernobai et al., 2007)**

	Κατηγορία Κίνδυνου (Risk Category)	Συχνότητα (Frequency)	Μέγεθος (Severity)
1.	Εσωτερικές Απάτες (Internal Fraud)	Χαμηλή	Υψηλή
2.	Εξωτερικές Απάτες (External Fraud)	Υψηλή/Μεσαία	Χαμηλή/Μεσαία
3.	Πρακτικές απασχόλησης & Ασφάλεια στο χώρο εργασίας (Employment Practices & Workplace Safety)	Χαμηλή	Χαμηλή
4.	Πελάτες προϊόντα και επιχειρηματικές πρακτικές (Clients,Products & Business Practices)	Χαμηλή/Μεσαία	Υψηλή/Μεσαία
5.	Ζημιές σε περιουσιακά στοιχεία (Damage to Physical Assets)	Χαμηλή	Χαμηλή
6.	Διακοπή δραστηριότητας και αστοχίες του συστήματος (Business Disruption & System Failures)	Χαμηλή	Χαμηλή
7.	Εκτέλεση,παράδοση και διαχείριση Διαδικασιών (Execution,Delivery & Process Management)	Υψηλή	Χαμηλή

1.6 Ζημίες χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων λόγω λειτουργικού κινδύνου

Οι ζημίες από λειτουργικό κίνδυνο είναι απρόβλεπτες τις περισσότερες φορές. Δυστυχώς, αυτό συμβαίνει πολύ συχνά όταν οι οργανισμοί που πλήττονται από ουσιαστικές απώλειες οφείλονται σε γεγονότα που αδυνατούν να προβλέψουν.

Ακολουθούν τέσσερις περιπτώσεις ιδρυμάτων που υφίσταται ισχυρό πλήγμα λόγω λάθος εσωτερικού ή εξωτερικού περιβάλλοντος:

- **Η Bank of America έχασε \$ 410 εκατ. λόγω των κανόνων δική της αμοιβής υπερανάληψης**

Η Bank of America έχασε \$ 410 εκατ λόγω των κανόνων της δική της αμοιβής υπερανάληψης. Δίνοντας προτεραιότητα σε μεγαλύτερες συναλλαγές, η τράπεζα ανέβαλε ένα σημαντικό αριθμό μικρότερων συναλλαγών. Κατά συνέπεια, οι πελάτες δεν ήταν σε θέση να ελέγξουν τα υπόλοιπα τους και ως εκ τούτου πήραν απρόσμενα τέλη υπερανάληψης στις πιστώσεις τους. Η τράπεζα αναθεώρησε τις πολιτικές υπερανάληψης της το 2010.

- **Το σκάνδαλο της Enron το 2001 στην Αμερική**

Η Enron ήταν η μεγαλύτερη εταιρεία ενέργειας στην Αμερική. Η εταιρεία πέρα από την παροχή ενέργειας μέσω του εθνικού δικτύου άρχισε και να διαπραγματεύεται και σε παράγωγα προϊόντα ενέργειας (ΣΜΕ). Όπως αποδείχθηκε έπειτα από τη χρεοκοπία της, η enron είχε παραποιήσει λογιστικά στοιχεία προκειμένου να φαίνεται ότι κατέχει αξιόγραφα μεγάλης αξίας (περίπου \$24bl) και να διατηρεί την τιμή της μετοχής σε υψηλά επίπεδα.

- **Η Morgan Keegan έχασε 200.550.000 \$ εξαιτίας παραπλάνησης των επενδυτών.**

Στην περίπτωση της Morgan Keegan έγινε παραπλάνηση των επενδυτών με τη δημοσίευση ανακριβών πληροφοριών σχετικά με τα κεφάλαια της επιχείρησης για ομόλογα. Οι μετοχές πωλήθηκαν σε διογκωμένες τιμές, με αποτέλεσμα οι επενδυτές να χάσουν περισσότερο από 2 δισεκατομμύρια \$, όταν η στεγαστική αγορά κατέρρευσε. Το παραπάνω είναι από τα πιο διάσημα παραδείγματα εταιρειών που δεν έχουν μια πρακτική

προσέγγιση προς το δυνητικό κίνδυνο. Δυστυχώς, η λογική του «αυτό δεν μπορεί να συμβεί σε μένα» είναι πολύ διαδεδομένη και βάζει ορισμένα ιδρύματα στη θέση του θύματος γρηγορότερα από ότι θα πίστευε κανείς. Για να αποφευχθεί η χασούρα όλο και περισσότερων χρηματών για λάθη που μπορεί να γίνονται κάθε μέρα, οι εταιρείες θα πρέπει να είναι ενήμεροι για τους κινδύνους. Η απάντηση βρίσκεται στην καλύτερη διαχείριση του λειτουργικού κινδύνου.

- **Ο όμιλος Axa Rosenberg έχασε 242.000.000 \$ από σφάλμα κωδικοποίησης σε έναν υπολογιστή.**

Ο Όμιλος Rosenberg AXA κατηγορείται για απάτη τίτλων καθώς έκρυβε ένα σημαντικό σφάλμα στον κώδικα του υπολογιστή του προγράμματος-μοντελοποίησης του κινδύνου τους. Ανώτεροι της επιχείρησης δεν αναφεραν το σφάλμα όταν το εντόπισαν το 2009 και προτίμησαν να το κρατήσουν κρυφό μέχρι το 2010.

- **Η κατάρρευση της Τράπεζας Barings λόγω συσσώρευσης ζημιών από υπάλληλο της.**

Η Barings ήταν η παλαιότερη τράπεζα και ένας από τους πιο αξιόπιστους χρηματοπιστωτικούς οίκους της Βρετανίας, με τη βασίλισσα της Αγγλίας να συγκαταλέγεται στο πελατολόγιο της. Ωστόσο, προκειμένου να επιβιώσει τον ανταγωνισμό του 20ου αιώνα, προχώρησε στην πρόσληψη διάφορων νεαρών και φιλόδοξων ειδικών των επενδύσεων, ένας εκ των οποίων ο Nick Leeson. Ξεκινώντας από χαμηλή θέση, οι γνώσεις του τον βοήθησαν να βρεθεί σύντομα στη Σιγκαπούρη όπου προέβλεπε τις μεταβολές στις παγκόσμιες αγορές. Κάποια στιγμή μάλιστα, οι προβλέψεις του αντιστοιχούσαν στο 10% των κερδών της τράπεζας.

Μέσω ενός μυστικού δικού του λογαριασμού, στοιχημάτισε κάποια στιγμή σε άνοδο του δείκτη Nikkei της Ιαπωνίας, ο οποίος όμως τη συγκεκριμένη μέρα υπέστη μεγάλες απώλειες εξαιτίας σεισμού στο Κόμπε. Οι απώλειες του Leeson ήταν τόσο μεγάλες που συμπάρευσαν την Barings σε πτώχευση και την αγορά της από την ING για μία βρετανική λίρα. Ο Leeson εξέτεισε ποινή φυλάκισης έξι ετών για απάτη, ενώ σήμερα είναι μάνατζερ ποδοσφαιρικής ομάδας στη Σκωτία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Ο Λειτουργικός κίνδυνος στα πλαίσια της Βασιλείας II

2.1 Εισαγωγή

Η Επιτροπή της Βασιλείας για την Τραπεζική Εποπτεία ιδρύθηκε στο τέλος του 1974, σε μια περίοδο που το διεθνές νομισματικό σύστημα πέρασε από το καθεστώς των σταθερών συναλλαγματικών ισοτιμιών στο καθεστώς της ελεύθερης διακύμανσης των συναλλαγματικών ισοτιμιών.

Η Επιτροπή της Βασιλείας είναι ένας οργανισμός που δημιουργήθηκε από τους κεντρικούς τραπεζίτες Δέκα κρατών (G-10) με στόχο τη διαμόρφωση προτύπων εποπτείας και κατευθυντηρίων οδηγιών για τη λειτουργία του τραπεζικού συστήματος. Το σύνολο των μελών της συναποτελείται από ανώτερους αντιπροσώπους των τραπεζικών εποπτικών αρχών και κεντρικών τραπεζών από χώρες της G-10 (Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία, Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, Ηνωμένο Βασίλειο, Ιαπωνία, Καναδάς, Ολλανδία, Ιταλία και Σουηδία) και από αντιπροσώπους του Λουξεμβούργου και της Ισπανίας.

Την Επιτροπή της Βασιλείας υποστηρίζει η Τράπεζα Διεθνών Διακανονισμών (Bank for International Settlements). Η Επιτροπή της Βασιλείας προσπαθεί να διασφαλίσει τη σταθερότητα του διεθνούς χρηματοπιστωτικού συστήματος και τη διαμόρφωση ισοδύναμων όρων ανταγωνισμού, κυρίως σε διεθνές επίπεδο, αφενός μεν μεταξύ των διεθνώς δραστηριοποιούμενων τραπεζών και αφετέρου, μεταξύ των τραπεζών και των εταιρειών παροχής επενδυτικών υπηρεσιών. Το ισχύον σύστημα κανόνων της Επιτροπής της Βασιλείας αναφορικά με την κεφαλαιακή επάρκεια των διεθνών τραπεζών (από το οποίο έχει επηρεαστεί η ευρωπαϊκή κοινοτική νομοθεσία και μέσω αυτής η νομοθεσία των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας) διαμορφώθηκε σταδιακά από τον Ιούλιο του 1988, όταν δημοσιεύτηκε το Σύμφωνο της Βασιλείας για την Κεφαλαιακή Επάρκεια (International Convergence of Capital

Measurement and Capital Standards).

Το 1988 η Επιτροπή εισήγαγε ένα σύστημα κεφαλαιακής μέτρησης με την ονομασία Basel Capital Accord. Το 1998 εκδόθηκε το πλαίσιο εποπτείας του διεθνούς τραπεζικού συστήματος με την ονομασία Βασιλεία I. Στόχος ήταν η αντιμετώπιση του πιστωτικού κινδύνου μέσω της θέσπισης ελάχιστων κεφαλαιακών απαιτήσεων.

Στην αρχή της δεκαετίας του 2000 το πλαίσιο της Βασιλείας II, το οποίο αντικατέστησε τη Βασιλεία I, αποσκοπούσε στην πληρέστερη απεικόνιση των αναλαμβανομένων κινδύνων από τα πιστωτικά ιδρύματα και στη σύνδεση των κεφαλαιακών απαιτήσεων με τους κινδύνους αυτούς.

Οι κανόνες για την επιβολή κεφαλαιακών απαιτήσεων στις τράπεζες στοχεύουν στην ενίσχυση της ικανότητας απορρόφησης ζημιών, σε περίπτωση που επέλθουν μη προβλέψιμοι κίνδυνοι, στους οποίους εκτίθενται οι τράπεζες με τη λειτουργία τους. Οι κανόνες για την επιβολή κεφαλαιακών απαιτήσεων έχουν διαμορφωθεί από την Επιτροπή της Βασιλείας για την Τραπεζική Εποπτεία.

Η Επιτροπή της Βασιλείας δεν έχει νομική προσωπικότητα, εδρεύει στην Τράπεζα Διεθνών Διακανονισμών (Bank for International Settlements) της Βασιλείας της Ελβετίας η οποία και της παρέχει γραμματειακή υποστήριξη. Το έργο της Επιτροπής της Βασιλείας αποβλέπει κυρίως στη διασφάλιση της σταθερότητας του διεθνούς χρηματοπιστωτικού συστήματος αλλά και στη διαμόρφωση ισοδύναμων όρων ανταγωνισμού.

Το ισχύον σύστημα κανόνων της Επιτροπής της Βασιλείας αναφορικά με την κεφαλαιακή επάρκεια των διεθνών τραπεζών διαμορφώθηκε σταδιακά από τον Ιούλιο του 1988, όταν δημοσιεύτηκε το Σύμφωνο της Βασιλείας για την Κεφαλαιακή Επάρκεια με τίτλο «Διεθνής Σύγκληση της Κεφαλαιακής Μέτρησης και των Κεφαλαιακών Προτύπων» (International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards). Το κείμενο αυτό, το οποίο αφορούσε τον πιστωτικό κίνδυνο, τροποποιήθηκε και συμπληρώθηκε πολλές φορές στο παρελθόν, με σημαντικότερη τροποποίηση εκείνη του 1996, προκειμένου να συμπεριληφθούν και οι κίνδυνοι αγοράς.

Το Σύμφωνο της Βασιλείας για την Κεφαλαιακή Επάρκεια ξεπεράστηκε από τις εξελίξεις στον τραπεζικό τομέα και έπαυσε να ανταποκρίνεται αποτελεσματικά στους

κινδύνους στους οποίους εκτίθενται οι τράπεζες. Έτσι, η Επιτροπή της Βασιλείας εξέδωσε στις 26 Ιουνίου 2004 το νέο Σύμφωνο για την Κεφαλαιακή επάρκεια.

Το πλαίσιο προβλέπει μία προσέγγιση αρτιότερη και περισσότερο προσαρμοσμένη στη φύση των αναλαμβανόμενων κινδύνων, προάγοντας την ενισχυμένη διαχείριση του κινδύνου από τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, πράγμα που θα συμβάλει στη σταθερότητα του χρηματοπιστωτικού συστήματος, θα εμπνεύσει εμπιστοσύνη στα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα και θα ενισχύσει την προστασία του καταναλωτή. Οι νέες προτάσεις της Επιτροπής της Βασιλείας διακρίνονται σε τρεις πυλώνες:

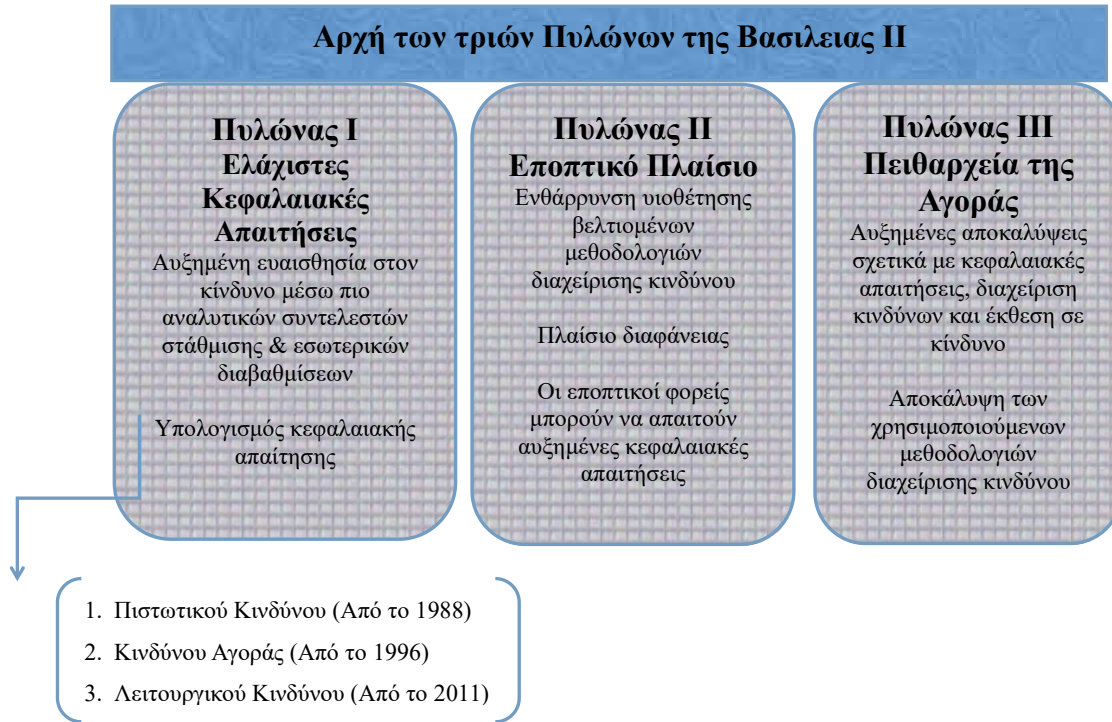
1. Υπολογισμός ελάχιστων κεφαλαιακών υποχρεώσεων έναντι του πιστωτικού κινδύνου με την προσθήκη απαιτήσεων για κάλυψη έναντι του λειτουργικού κινδύνου (Πυλώνας I)
2. Διαδικασία εποπτικής αξιολόγησης (supervisory review process) (Πυλώνας II), και
3. Ενίσχυση της πειθαρχίας που επιβάλλει η αγορά στις τράπεζες μέσω της καθιέρωσης κανόνων γνωστοποίησης οικονομικών και άλλων στοιχείων (Πυλώνας III).

Στο πλαίσιο κεφαλαιακής επάρκειας προβλέπονται εναλλακτικές μέθοδοι υπολογισμού των κεφαλαιακών απαιτήσεων πιο ευαίσθητες ως προς τον κίνδυνο, επιτυγχάνοντας σύγκλιση μεταξύ του εποπτικού και του οικονομικού κεφαλαίου.

Για τον προσδιορισμό των κεφαλαιακών απαιτήσεων έναντι του Λειτουργικού Κινδύνου καθιερώθηκαν τρεις εναλλακτικές μέθοδοι υπολογισμού, οι οποίες κλιμακώνονται διαδοχικά από την πλέον απλή μέχρι την πλέον προηγμένη και περιγράφονται πιο αναλυτικά στη συνέχεια.

Η εφαρμογή της Βασιλείας II από τα τραπεζικά ιδρύματα εισάγει για πρώτη φορά το Λειτουργικό Κίνδυνο ως παράμετρο προσδιορισμού των κεφαλαιακών απαιτήσεων. Η ορθή αναγνώριση, παρακολούθηση και διαχείριση του Λειτουργικού Κινδύνου είναι σημαντική, τόσο για την ανάπτυξη του τραπεζικού ιδρύματος όσο και για τη σταθερότητα του ευρύτερου χρηματοπιστωτικού συστήματος.

Πίνακας 2.1 Περιγραφή των αρχών των τριών Πυλώνων της Βασιλείας II



2.2 Πυλώνας I - Ελάχιστες κεφαλαιακές απαιτήσεις

Στον πυλώνα I περιγράφεται πως πρέπει να υπολογίζεται η κεφαλαιακή επάρκεια για την κάλυψη του λειτουργικού κινδύνου. Η κεφαλαιακή επάρκεια αποτελείται από τρία είδη κεφαλαίου γνωστά ως Tier 1, Tier 2 και Tier 3.

Το Tier 1 (βαθμίδα 1 ή βασικά ίδια κεφάλαια) αποτελείται από:

- i) Το μετοχικό κεφάλαιο της τράπεζας και άλλες μετοχές που κατέχει (Equity)
- ii) Διαφορά από έκδοση μετοχών υπέρ το άρτιο, κατακρατηθέντα κέρδη, ενδιάμεσα αποτελέσματα (ελεγμένα από ορκωτούς λογιστές).
- iii) Δηλωμένα αποθεματικά (Disclosed reserves)

Αυτό το είδος του κεφαλαίου είναι το πιο εύκολα αναγνωρίσιμο για όλες τις τράπεζες σε παγκόσμιο επίπεδο και φαίνεται καθαρά στις λογιστικές τους καταστάσεις. Ακόμη, αποτελεί ένδειξη για την ευρωστία της τράπεζας και την ικανότητα της να είναι ανταγωνιστική. Αποτελεί επιπλέον ένδειξη της διάθεσης της επιτροπής να εξασφαλίσει καλής ποιότητας κεφάλαια για την κεφαλαιακή επάρκεια. Το Tier 1 πρέπει να αποτελεί

τουλάχιστον το 50% του συνολικού κεφαλαίου που απαιτείται.

Το Tier 2 (βαθμίδα 2 ή συμπληρωματικά βασικά ίδια κεφάλαια) αποτελείται από:

i) Αδήλωτα αποθεματικά (Undisclosed reserves)

Τα αποθεματικά αυτά δεν εμφανίζονται στους λογαριασμούς κέρδους ζημίας αλλά έχουν εγκριθεί από τις ρυθμιστικές αρχές. Αν και συνήθως προέρχονται από τα παρακρατηθέντα κέρδη οπότε αποτελούν καλής ποιότητας κεφάλαια για διάφορους λογιστικούς και ρυθμιστικούς λόγους που μπορεί να είναι διαφορετικοί σε πολλές χώρες δεν μπορούν να αποτελούν μέρος του Tier 1.

ii) Επαναξιολογημένα περιουσιακά στοιχεία (revaluation reserves)

Σε πολλές χώρες επιτρέπεται σύμφωνα με τους ρυθμιστικούς και λογιστικούς τους κανόνες να επαναξιολογούν τα περιουσιακά τους στοιχεία για να αντανακλούν την τωρινή τους χρηματιστηριακή αξία. Πιθανή διαφορά μεταξύ παλαιότερης και τωρινής αξιολόγησης μπορεί να θεωρηθεί επιπλέον κεφάλαιο εφόσον οι ρυθμιστικές αρχές θεωρήσουν ότι η αξιολόγηση είναι αποδεκτή. Επιπλέον για την διασφάλιση της ποιότητας των κεφαλαίων μια μείωση της διαφοράς κατά 55% επιβάλλεται από την επιτροπή της Βασιλείας για να ληφθεί υπόψη η διακύμανση και αβεβαιότητα της αγοράς.

iii) Αποθεματικά για την κάλυψη μη γνωστών ζημιών σε δάνεια ή άλλα στοιχεία (General provisions/general loan-loss reserves)

Αυτά είναι αποθεματικά που έχουν δημιουργηθεί για να καλύψουν πιθανές αλλά μη γνωστές ακόμα ζημιές στο χαρτοφυλάκιο δανείων της τράπεζας. Εφόσον δεν έχουν γίνει γνωστές ζημιές ακόμα δύναται να είναι μέρος της κεφαλαιακής επάρκειας.

v) Υβριδικά στοιχεία χρέους (Hybrid debt capital instruments)

Περιουσιακά στοιχεία που παρουσιάζουν χαρακτηριστικά και χρέους και μετοχών. Για παράδειγμα προνομιούχες μετοχές που πληρώνουν σταθερό μέρος, διηλεκτές ράντες ή εξαγοράσιμες μετοχές.

vi) Χρέος χαμηλής πιστοληπτικής ικανότητας (Subordinated term debt)

Χρέος χαμηλής πιστοληπτικής ικανότητας (π.χ. ομόλογα) και με διάρκεια τουλάχιστον 5 ετών δύναται να επιτραπεί να αποτελέσει μέρος της κεφαλαιακής επάρκειας αλλά μόνο ως το 50% του Tier 2.

Το Tier 3 κεφάλαιο (βαθμίδα 3) δύναται να χρησιμοποιηθεί μόνο για την κάλυψη του κινδύνου αγοράς. Αποτελείται από χρέος χαμηλής πιστοληπτικής ικανότητας με μικρή

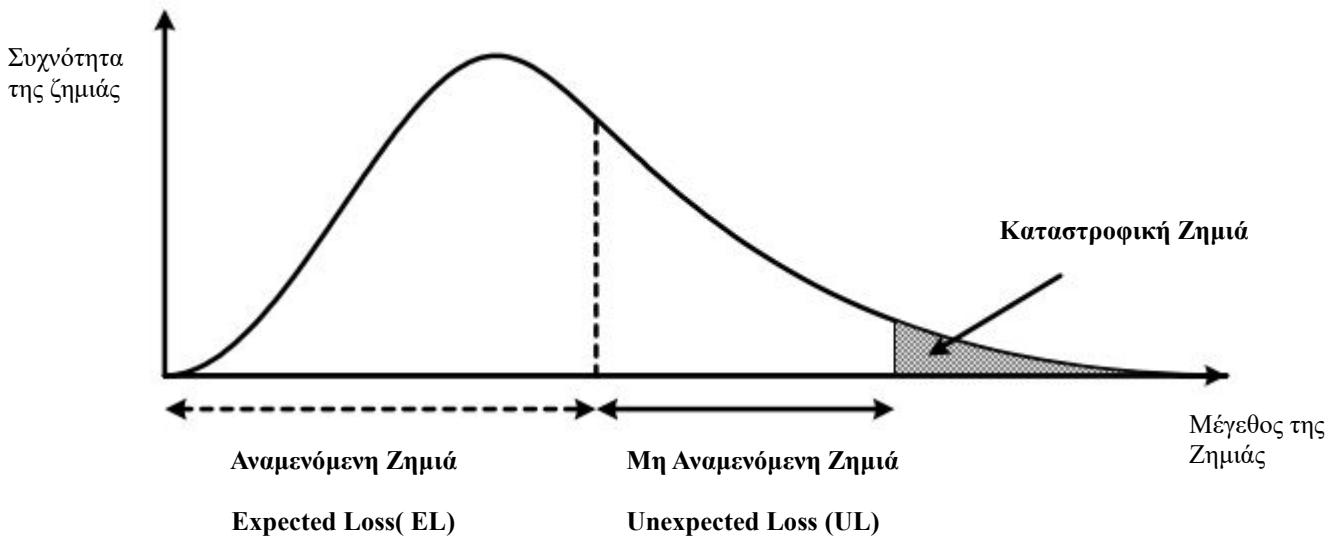
διάρκεια ζωής τουλάχιστον όμως 2 ετών. Το κεφάλαιο για τον κίνδυνο αγοράς καλύπτεται συνήθως από τα κεφάλαια Tier 1 και Tier 2. Ωστόσο, η Βασιλεία επιτρέπει την χρησιμοποίηση κεφαλαίου Tier 3 αρκεί το Tier 1 να καλύπτει τουλάχιστον το 28.5% του απαιτούμενου κεφαλαίου και το Tier 2 να μην ξεπερνάει το Tier 2.

Η Βασιλεία προτείνει ότι το ελάχιστο απαιτούμενο κεφάλαιο για τον λειτουργικό κίνδυνο θα πρέπει να επαρκεί για να καλύπτει τις λεγόμενες μη αναμενόμενες ζημιές (unexpected losses-UL) και ότι οι αναμενόμενες ζημιές (excepted losses-EL) θα πρέπει να καλύπτονται από αποθέματα. Συμφωνήθηκε (BIS,2004) να υπολογίζεται η κεφαλαιακή επάρκεια βάση και των UL και EL και εάν η τράπεζα μπορεί να αποδείξει ότι μπορεί να καλύψει το EL με τα αποθέματα της τότε να αφαιρείται το EL.

Στο ακόλουθο διάγραμμα μπορεί να γίνει αντιληπτή αυτή η ιδέα.

Παρατηρούμε ότι, η αναμενόμενη ζημιά συμβαίνει σχετικά συχνά αλλά είναι σχετικά μικρού μεγέθους ενώ η μη αναμενόμενη ζημιά συμβαίνει με μικρότερη συχνότητα αλλά είναι πολύ μεγαλύτερου μεγέθους (σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι ακόμα και καταστροφική).

Διάγραμμα 2.1 Αναμενόμενη και μη αναμενόμενη ζημιά



Στην επόμενη ενότητα αναφέρονται εκτενώς οι μεθοδοι υπολογισμού του απαραίτητου κεφαλαίου για την προφύλαξη από τον λειτουργικό κίνδυνο.

2.3 Προσεγγιστικές μέθοδοι υπολογισμού των κεφαλαιακών απαιτήσεων για την κάλυψη του λειτουργικού κινδύνου.

Οι μέθοδοι που περιγράφονται παρακάτω διαφέρουν αρκετά όσον αφορά την πολυπλοκότητά τους, την ευαισθησία τους απέναντι στον κίνδυνο και αποτελούν τη βάση για τον υπολογισμό των κεφαλαιακών απαιτήσεων για λειτουργικούς κινδύνους.

Οι τράπεζες καλούνται να κινηθούν σε αυτό το φάσμα που κυμαίνεται από την απλή προσέγγιση ευαισθησίας του κινδύνου στην πιο σύνθετη και να αναπτύξουν περαιτέρω τα μοντέλα τους για τη μέτρηση και τον έλεγχο των λειτουργικών τους κινδύνων.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις για τον υπολογισμό του κεφαλαίου που απαιτείται για την κάλυψη του λειτουργικού κινδύνου:

- Προσέγγιση Βασικού Δείκτη (Basic Indicator Approach -BIA)
- Η Τυποποιημένη Προσέγγιση (Standardised Approach -SA)
- Οι εξελιγμένες προσεγγίσεις μέτρησης (Advanced Measurement Approach- AMA)

Οι τράπεζες μπορούν να επιλέξουν ποια προσέγγιση θα υιοθετήσουν και θα εφαρμόσουν αρκεί να ικανοποιούν τις προϋποθέσεις των ρυθμιστικών αρχών. Μεγάλες τράπεζες με διεθνείς συναλλαγές αναμένεται να ακολουθήσουν τις εξελιγμένες προσεγγίσεις μέτρησης. Οι μικρές τράπεζες αναμένεται να ακολουθήσουν την τυποποιημένη προσέγγιση ή την προσέγγιση του βασικού δείκτη ,τουλάχιστον σε πρώτη φάση. Με άλλα λόγια οι τράπεζες μπορούν να κινηθούν από την απλή σε πιο προχωρημένες προσεγγίσεις αλλά όχι το αντίθετο.

i. Προσέγγιση του Βασικού Δείκτη

Είναι ο απλούστερος τρόπος υπολογισμού των κεφαλαιακών απαιτήσεων για το λειτουργικό κίνδυνο μιας τράπεζας. Τα Ακαθάριστα Λειτουργικά Έσοδα (ΑΛΕ) αποτελούν ένδειξη για το μέγεθος της έκθεσης της τράπεζας στο Λειτουργικό κίνδυνο. Η κεφαλαιακή απαίτηση της τράπεζας καθορίζεται ως το σταθερό ποσοστό του μέσου όρου του θετικού μεικτού εισοδήματος των τελευταίων τριών ετών.

Τα Ακαθάριστα Λειτουργικά έσοδα, σύμφωνα με την BIS απαρτίζονται από καθαρό εισόδημα λόγω τόκων καθώς και από καθαρό εισόδημα από περιουσιακά στοιχεία που δεν αποδίδουν τόκους. Αυτό το εισόδημα θα πρέπει να περιέχει:

- τόκους που δεν έχουν πληρωθεί από την τράπεζα

- κεφάλαιο που λαμβάνεται για εξωτερικές εργασίες που ανέλαβε η τράπεζα
- κεφάλαιο που οφείλεται αλλά δεν έχει πληρωθεί σε εργασίες που έχουν δοθεί σε εξωτερικούς παράγοντες
- Κέρδη ή ζημιές λόγω πώλησης αξιογράφων απο το βιβλίο της τράπεζας
- Εισόδημα απο ασφαλιστικές εργασίες.

Συνεπώς,

$$K_{BIA} = a \frac{\sum_{j=1}^3 GI_j}{n}$$

οπου:

K_{BIA} : η κεφαλαιακή απαίτηση σύμφωνα με τη προσέγγιση του βασικού δείκτη

GI : ετήσιο ακκαθάριστο εισόδημα (gross income)

n : αριθμός των τριών προηγούμενων ετών εφόσον το ακαθάριστο εισόδημα είναι θετικό για τα προηγούμενα χρόνια

a : σταθερό ποσοστό ίσο με 15%, το οποίο έχει οριστεί από την επιτροπή. αυτό αντανακλά το ποσοστό GI όλου του τραπεζικού κλάδου που επαρκεί για την κάλυψη του λειτουργικού κινδύνου.

Σε περίπτωση, που υπάρχουν μόνο αρνητικά Ακαθάριστα Λειτουργικά Έσοδα ή η επιτροπή θεωρήσει ότι το μέγεθος των αρνητικών ακαθάριστων λειτουργικών εσόδων διαστρεβλώνει την απαιτούμενη κεφαλαιακή επάρκεια τότε η επιτροπή μπορεί να κάνει ενέργειες και να πάρει αποφάσεις στο πλαίσιο του Πυλώνα II.

Η προσέγγιση αυτή δεν απαιτεί πολυ προσωπικό για τους υπολογισμούς και δεν είναι χρονοβόρα κάτι που αποτελεί το κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου. Συνίσταται και χρησιμοποιείται κυριώς απο μικρές τράπεζες. Είναι χρήσιμη για τράπεζες που δεν έχουν ιδιαίτερη τεχνογνωσία για να υιοθετήσουν πιο προχωρημένες προσεγγίσεις. Ένα σημαντικό μειονέκτημα της προσέγγισης αυτής όμως είναι οτι δεν λαμβάνονται υπόψη σημαντικά χαρακτηριστικά της όπως η πιστοληπτική ικανότητα, δραστηριότητες, δομή και συνδιακύμανση λειτουργικού κινδύνου μεταξύ διαφορετικών τομέων της τράπεζας, και συχνά οδηγεί σε υπερεκτίμηση του κινδύνου και των απαιτούμενων κεφαλαίων.

Συνοψίζοντας, είναι απλοϊκή μέθοδος που συνίσταται σε μικρές τράπεζες και δεν καλύπτει την ανάλυση για μεγάλες τράπεζες.

ii. Τυποποιημένη Προσέγγιση

Σε σύγκριση με την απλή μέθοδο, η τυποποιημένη προσέγγιση είναι μια πιο προηγμένη μέθοδος για τον προσδιορισμό του κεφαλαίου που απαιτείται για την κάλυψη των λειτουργικών κινδύνων.

Στην τυποποιημένη μέθοδο, οι δραστηριότητες των τραπεζών χωρίζονται σε οκτώ κατηγορίες. Για κάθε μια από αυτές τις κατηγορίες υπολογίζεται το ακαθάριστο λειτουργικό έσοδο το οποίο θεωρείται ότι είναι καλή ένδειξη της έκθεσης της κάθε κατηγορίας στον λειτουργικό κίνδυνο. Για κάθε κατηγορία υπάρχει ένας συντελεστής β με τον οποίο πολλαπλασιάζεται το ακαθάριστο λειτουργικό έσοδο. Το β είναι ο συντελεστής ολόκληρου του τραπεζικού κλάδου που μετράει τη σχέση του λειτουργικού κινδύνου της συγκεκριμένης κατηγορίας αλλά όλων των τραπεζών. Η κεφαλαιακή επάρκεια έπειτα υπολογίζεται ως ο μέσος όρος των τριών τελευταίων ετών της άθροισης του απαιτούμενου κεφαλαίου για τις 8 κατηγορίες. Σε περίπτωση που η αθροισμένη κεφαλαιακή απαίτηση όλων των επιχειρηματικών τομέων εντός ενός δεδομένου έτους είναι αρνητική, τότε ο μέσος όρος για το εν λόγω έτος θα είναι μηδέν.

$$K_{TSA} = \frac{\sum_{j=1}^3 \max\left\{\sum_{k=1}^8 GI_{jk} \cdot \beta_k, 0\right\}}{3}$$

Όπου,

j : έτη

k : κατηγορία δραστηριοτήτων της τράπεζας (Πίνακας 1.2)

GI : ετήσιο ακκαθάριστο εισόδημα (gross income)

β : συγκεκριμένος συντελεστής για κάθε κατηγορία τραπεζικών εργασιών που τίθεται από την Basel Committee (Πίνακας 2.2)

Οι τιμές των 8 συντελεστών παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 2.2 Οι 8 κατηγορίες των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων των τραπεζών και ο συντελεστής β, που αντιστοιχεί στην κάθε μια κατηγορία (πηγή: BIS 2006)

	Κατηγορίες	Δραστηριότητες ανα κατηγορία	β
1.	Corporate finance Υπηρεσίες προς Επιχειρήσεις	Αναδοχή ή και τοποθέτηση χρηματοπιστωτικών μέσων (με ανάληψη του κινδύνου αγοράς). Υπηρεσίες συνδεδεμένες με την αναδοχή. Υπηρεσίες επενδυτικών συμβούλων. Υπηρεσίες συμβούλων σε επιχειρήσεις για θέματα κεφαλαιακής διάρθρωσης, βιομηχανικής στρατηγικής και συναφή θέματα, συγχωνεύσεων και εξαγορών επιχειρήσεων. Έρευνα επενδύσεων και χρηματοοικονομική ανάλυση, καθώς και κάθε άλλη μορφή γενικών συστάσεων σχετικά με συναλλαγές σε χρηματοπιστωτικά μέσα.	18%
2.	Trading and Sales Διαπραγμάτευση και πωλήσεις χρηματοπιστωτικών μέσων	Εκτέλεση εντολών για λογαριασμό πελατών. Λήψη και διαβίβαση εντολών σχετικών με ένα ή περισσότερα χρηματοπιστωτικά μέσα. Τοποθέτηση χρηματοπιστωτικών μέσων (χωρίς ανάληψη κινδύνου αγοράς). Εκμετάλλευση πολυμερών συστημάτων διαπραγμάτευσης τίτλων. Διαπραγμάτευση για ίδιο λογαριασμό. Διαμεσολάβηση στις διατραπεζικές χρηματαγορές.	18%
3.	Retail banking Λιανική τραπεζική	Αποδοχή καταθέσεων και άλλων επιστρεπτών κεφαλαίων. Χορηγήσεις Χρηματοδοτική μίσθωση Εγγυήσεις και αναλήψεις	12%

		υποχρεώσεων.	
4.	Commercial banking Εμπορική τραπεζική	Αποδοχή καταθέσεων και άλλων επιστρεπτέων κεφαλαίων. Χορηγήσεις Χρηματοδοτική μίσθωση Εγγυήσεις και αναλήψεις υποχρεώσεων	15%
5.	Payment and Settlement Διενέργεια και διακανονισμός πληρωμών	Πράξεις διενέργειας πληρωμών περιλαμβανομένης της μεταφοράς κεφαλαίων. Έκδοση και διαχείριση μέσω πληρωμής.	18%
6.	Agency services Υπηρεσίες φύλαξης και διαχείρισης	Υπηρεσίες φύλαξης και διαχείρισης χρηματοπιστωτικών μέσων για λογαριασμό πελατών, περιλαμβανομένης της θεματοφυλακής και συναφών υπηρεσιών όπως η διαχείριση διαθεσίμων/εξασφαλίσεων	15%
7.	Asset management Διαχείριση περιουσιακών στοιχείων	Διαχείριση χαρτοφυλακίου Διαχείριση οργανισμών Συλλογικών Επενδύσεων Άλλες μορφές διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων	12%
8.	Retail brokerage Υπηρεσίες διαμεσολάβησης σε πελάτες λιανικής	Λήψη και διαβίβαση εντολών σχετικών με ένα ή περισσότερα χρηματοπιστωτικά μέσα. Τοποθέτηση χρηματοπιστωτικών μέσων (χωρίς ανάληψη κινδύνου). Εκτέλεση εντολών για λογαριασμό πελατών.	12%

Όπως και στη προσέγγιση του βασικού δείκτη, η τυποποιημένη προσέγγιση δεν απαιτεί πολύ προσωπικό για τους υπολογισμούς και δεν είναι χρονοβόρα κάτι που αποτελεί κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου. Συνίσταται και χρησιμοποιείται κυριώς από μικρές τράπεζες. Είναι χρήσιμη για τράπεζες που δεν έχουν ιδιαίτερη τεχνογνωσία για να υιοθετήσουν πιο προχωρημένες προσεγγίσεις. Ένα θετικό στοιχείο είναι ότι είναι πιο λεπτομερές και πιο ακριβές προσέγγιση και αυτό διότι εξετάζει τις επιμέρους κατηγορίες εργασιών της τράπεζας.

Όμως μερικά μειονεκτήματα είναι ότι μπορεί να οδηγήσει σε υπερεκτίμηση του

κινδύνου και των απαιτούμενων κεφαλαίων και δύσκολα εφαρμόζεται σε μεγάλες τράπεζες. Επίσης, ότι υποθέτει ότι δεν υπάρχει συνδιακύμανση μεταξύ των διαφορετικών κατηγοριών .

Στα πλαίσια της τυποποιημένης μεθόδου η Βασιλεία II προτείνει την εναλλακτική τυποποιημένη προσέγγιση (alternative standardised Approach, ASA). Η εναλλακτική τυποποιημένη προσέγγιση είναι μια ειδική παραλλαγή του τυποποιημένου προσέγγιση. Η χρήση του από ένα πιστωτικό ίδρυμα πρέπει να εγκριθεί από την εποπτική αρχή. Εάν υιοθετηθεί η προσέγγιση αυτή από μια τράπεζα δεν της επιτρέπεται να την εγκαταλείψει. Σε αντίθεση με την τυποποιημένη μέθοδο, η κεφαλαιακή απαίτηση είναι υπολογίζονται ως εξής:

Η εναλλακτική τυποποιημένη προσέγγιση προτείνει για τις κατηγορίες λιανικής τραπεζικής (retail banking) και εμπορικής τραπεζικής (commercial banking) να χρησιμοποιείται το ύψος των δανείων που έχουν δοθεί αντί το μεικτό εισόδημα. Σε αυτή την περίπτωση οι επιμέρους συντελεστές β πολλαπλασιάζονται με τον συντελεστή m ο οποίος έχει τεθεί ίσος με 0.035 . Άρα η κεφαλαιακή επάρκεια υπολογίζεται ως ακολούθως :

$$K_{RB} = \beta_{RB} \cdot m \cdot \frac{\sum_{j=1}^3 LA_{j,RB}}{3}$$

$$K_{CB} = \beta_{CB} \cdot m \cdot \frac{\sum_{j=1}^3 LA_{j,CB}}{3}$$

LA : ύψος δανείων

β : συγκεκριμένος συντελεστής για κάθε κατηγορία τραπεζικών εργασιών που τίθεται από την Basel Committee.

m : σταθερός συντελεστής ίσος με 0.035

j : έτη

iii. Οι εξελεγμένες προσεγγίσεις μέτρησης

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, οι τράπεζες έχουν το δικαίωμα να αναπτύξουν τα δικά τους εμπειρικά μοντέλα για την ποσοτικοποίηση απαιτούμενων κεφαλαίων για

λειτουργικό κίνδυνο. Οι τράπεζες μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτή την προσέγγιση υπόκειται σε έγκριση από τις τοπικές ρυθμιστικές αρχές τους. Μόλις μια τράπεζα έχει εγκριθεί να εκδώσει εξελιγμένη προσέγγιση μέτρησης, δεν μπορεί να επανέλθει σε μια απλούστερη προσέγγιση, χωρίς έγκριση των εποπτικών αρχών.

Επίσης, σύμφωνα με την παράγραφο 664 της αρχικής Συμφωνίας της Βασιλείας, προκειμένου να πληρεί τις προϋποθέσεις για τη χρήση της μια τράπεζα πρέπει να αποδεικνύει στις αρμόδιες αρχές ότι, κατ'ελάχιστον:

- Το διοικητικό της συμβούλιο και τα ανώτερα στελέχη, ανάλογα με την περίπτωση, να συμμετέχουν ενεργά στην επίβλεψη του πλαισίου διαχείρισης λειτουργικού κινδύνου.
- Να διαθέτει ένα σύστημα διαχείρισης λειτουργικού κινδύνου που βασίζεται σε υγιείς αρχές και εφαρμόζεται με ακεραιότητα.
- Να διαθέτει επαρκείς πόρους για τη χρήση της προσέγγισης στις βασικές επιχειρηματικές δραστηριότητες, καθώς και τις περιοχές ελέγχου και λογιστικού ελέγχου.

Στις εξελιγμένες προσεγγίσεις μέτρησης, οι τράπεζες μπορούν να χρησιμοποιούν τις δικές τους μεθόδους-μοντέλα για την αξιολόγηση του λειτουργικού τους κινδύνου, εφ'όσον μπορούν να πείσουν τις ρυθμιστικές αρχές ότι τα μοντέλα αυτά είναι κατάλληλα για να περιγράψουν επαρκώς τον λειτουργικό κίνδυνο.

Η πρόσσέγιση αυτή είναι η πιο πολύπλοκη αλλά και η πιο προηγμένη προσέγγιση. Για να αξιολογηθεί το απαιτούμενο κεφάλαιο για την κάλυψη των λειτουργικών ζημιών χρησιμοποιούνται ποσοτικοί και ποιοτικοί παράγοντες. Για να διασφαλιστεί η αξιοπιστία της μεθοδολογίας αξιολόγησης, εκτός από εσωτερικά δεδομένα, οι τράπεζες μπορούν να συμπληρώσουν τις βάσεις δεδομένων τους με τα εξωτερικά δεδομένα (κατάλληλα ανακλιμακωμένα), καθώς μπορεί να χρησιμοποιεί τεχνικές όπως factor analysis, stress test, Bayesian μέθοδοι, μεταξύ άλλων. Η προσέγγιση αυτή είναι η πιο λεπτομερείς και κατάλληλη καθώς χρησιμοποιεί βάσεις δεδομένων. Αναμένεται ότι η εξελιγμένη προσέγγιση θα εγκριθεί ομοιόμορφα από όλες τις τράπεζες στο άμεσο μέλλον, μικρές και μεγάλες.

Το 2001, τρεις προσεγγίσεις που προτάθηκαν στο πλαίσιο της για την εφαρμογή της προσέγγισης αυτής:

α) Η Προσέγγιση της εσωτερικής μέτρησης (The Internal Measurement Approach- IMA)

β) Η Προσέγγιση της Κατανομής Ζημιών (Loss Distribution Approach)

γ) Η Προσέγγιση των Καρτών Αξιολόγησης (The Scorecard Approach-SA)

Πιο αναλυτικά,

α) Η Προσέγγιση της εσωτερικής μέτρησης

Η μέθοδος της Εσωτερικής Μέτρησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μετά από έγκριση των εποπτικών αρχών. Στα κριτήρια έγκρισης συγκαταλέγονται η επάρκεια και η αποτελεσματικότητα των συστημάτων εσωτερικού ελέγχου της τράπεζας, και η δυνατότητα άντλησης, συλλογής και επεξεργασίας αξιόπιστων στοιχείων ιστορικών ζημιών. Η τράπεζα υπολογίζει τις κεφαλαιακές απαιτήσεις για το Λειτουργικό Κίνδυνο με βάση τη δική της μεθοδολογία αποτίμησης και χρησιμοποιώντας δικά της ιστορικά στοιχεία ζημιών ανά τομέα. Στη συνέχεια εκπονεί ειδικά κριτήρια για την κατανομή των δεδομένων ζημιών στον κάθε τομέα εργασίας και υπολογίζει την απώλεια ανά περίπτωση και την πιθανότητα να συμβούν ανάλογες περιπτώσεις σε κάποιο βάθος χρόνου. Το άθροισμα των επί μέρους κεφαλαιακών απαιτήσεων κάθε τομέα αποτελεί τη συνολική επιβάρυνση για το Λειτουργικό Κίνδυνο.

Στην προσέγγιση αυτή σχηματίζουμε όλους τους δυνατούς (56) πιθανούς συνδυασμούς των 7 διαφορετικών γεγονότων λειτουργικού κινδύνου με τις 8 κατηγορίες εργασιών της τράπεζας(σύμφωνα με τον Πίνακα 2.2) .

Εν συνεχεία υπολογίζουμε για καθένα από τους 56 συνδυασμούς την κεφαλαιακή απαίτηση ως γινόμενο των εξής παραμέτρων:

- Τον δείκτη έκθεσης (The Exposure Indicator-EI) (πχ. ΑΛΕ)
- Την πιθανότητα του λειτουργικού γεγονότος (Probability of Event-PE)
- Την ζημιά δοθέντος του γεγονότος (Loss given the Event-LGE)

Η αναμενόμενη ζημιά (*EL*) υπολογίζεται ως:

$$EL = EI \times PE \times LGE$$

Το επόμενο βήμα είναι να προσαρμόσουμε την αναμενόμενη ζημιά ώστε να λαμβάνει υπόψη την μη αναμενόμενη ζημιά χρησιμοποιώντας τον συντελεστή γ ο οποίος είναι διαφορετικός για κάθε συνδυασμό γεγονότος λειτουργικού κινδύνου και κατηγορία τραπεζικής εργασίας. Το ολικό απαιτούμενο κεφάλαιο βρίσκεται ως:

$$K_{IMA} = \sum_{j=1}^8 \sum_{k=1}^7 \gamma_{jk} \cdot EI_{jk} \cdot PE_{jk} \cdot LGE_{jk}$$

j : κάθεμια απο τις 8 κατηγορίες εργασιών της τράπεζας (Πίνακας 2.2)

k : κατηγορία δραστηριοτήτων της τράπεζας(Πίνακας 1.2)

EI : δείκτη έκθεσης

PE : πιθανότητα του λειτουργικού γεγονότος

LGE : ζημιά δοθέντος του γεγονότος

Τα μειονεκτήματα αυτής της προσέγγισης είναι:

- Η υπόθεση τέλει συνδιακύμανσης μεταξύ των 56 συνδυασμών
- Η υπόθεση ότι η σχέση μεταξύ EI και UL είναι γραμμική

β) Η Προσέγγιση της Κατανομής Ζημιών

Η προσέγγιση αυτή (The Loss Distribution Approach-LDA) είναι αρκετά προχωρημένη και χρησιμοποιεί πιθανοκατανομές για την συχνότητα ζημιών αλλά και για το μέγεθος ζημιών. Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση οι εργασίες της τράπεζας κατηγοριοποιούνται και πάλι ως συνδυασμοί κατηγορίας εργασίας και γεγονότος λειτουργικού κινδύνου. Ο αριθμός των συνδυασμών όμως βασίζεται στην πολυπλοκότητα της δομής της τράπεζας. Είναι πολύ πιθανόν για την πλειονότητα των τραπεζών να χρησιμοποιούνται οι κλασσικοί 56 συνδυασμοί.

Για κάθε συνδυασμό πρέπει να βρεθεί η κατανομή συχνότητας ζημιάς και του μεγέθους της ζημιάς. Η μοντελοποίηση συχνότητας ζημιών και μεγέθους ζημιών θα παρουσιαστεί στην επόμενη ενότητα. Το επόμενο βήμα είναι να υπολογιστεί η αθροιστική κατανομή των λειτουργικών ζημιών δηλαδή, η συνολική κατανομή των ζημιών που συνδυάζει τη συχνότητα και το μέγεθος της ζημιάς.

Η απαιτούμενη κεφαλαιακή επάρκεια υπολογίζεται στη συνέχεια ως το άθροισμα των επιμέρους Value-at-Risk (VaR) για κάθε συνδυασμό. Το VaR είναι ένας δείκτης

κινδύνου που υπολογίζει την μέγιστη δυνατή ζημιά για συγκεκριμένη χρονική περίοδο και με συγκεκριμένη πιθανότητα. Ένα VaR στο 99.9% επίπεδο εμπιστοσύνης δηλώνει ότι η μέτρηση αυτή δεν θα ξεπερνιέται στο 99.9% των περιπτώσεων. Το VaR θα οριστεί λεπτομερώς στο επόμενο κεφάλαιο.

Επομένως ,

$$K_{LDA} = \sum_{j=1}^8 \sum_{k=1}^7 VaR_{jk}$$

j : κάθεμια απο τις 8 κατηγορίες εργασιών της τράπεζας (Πίνακας 2.2)

k : κατηγορία δραστηριοτήτων της τράπεζας(Πίνακας 1.2)

Η μέθοδος αυτή αξιολογεί τον μη αναμενόμενο λειτουργικό κίνδυνο απευθείας ενώ δεν υπάρχει η ανάγκη υπολογισμού του συντελεστή γ .

Τα πλεονεκτήματα αυτής της προσέγγισης είναι ότι:

- Είναι ευαίσθητη στον κίνδυνο και χρησιμοποιεί τα δεδομένα της τράπεζας
- Δεν χρησιμοποιεί υποθέσεις για την σχέση ELκαι UL.
- Η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τράπεζες με μεγάλες βάσης δεδομένων
- Συνήθως καταλήγει σε ακριβή αποτελέσματα

Τα μειονεκτήματα αυτής της προσέγγισης είναι ότι

- Οι πιθανοκατανομές ζημιών δεν είναι εύκολο να υπολογιστούν με ακρίβεια
- Το επίπεδο εμπιστοσύνης δεν είναι κοινός αποδεκτό
- Χρειάζονται πολλά δεδομένα
- Η μέθοδος βασίζεται σε ιστορικά στοιχεία και άρα υποθέτει ότι το παρελθόν θα επαναληφθεί.

γ) Η Προσέγγιση των Καρτών Αξιολόγησης

Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση η τράπεζα χρησιμοποιεί μια απλή μέθοδο (BIA ή TSA) για να υπολογίσει ένα αρχικό επίπεδο λειτουργικού κινδύνου και τροποποιεί το επίπεδο αυτό χρησιμοποιώντας scorecards. Οι scorecards βασίζονται σε έναν αριθμό δεικτών για κάθε κατηγορία τραπεζικής εργασίας που υποθέτουμε ότι αντικατοπτρίζουν τον κίνδυνο. Η ελάχιστη κεφαλαιακή επάρκεια για τον λειτουργικό κίνδυνο υπολογίζεται

ως:

$$K_{scA} = \sum_{j=1}^8 initial K_i R_i$$

j : κάθεμια απο τις 8 κατηγορίες εργασιών της τράπεζας (Πίνακας 2.2)

R_i : είναι ένας συντελεστής κινδύνου που υπολογίζεται βάση των scorecards και τροποποιεί τον αρχικό υπολογισμό K_i .

2.4 Πυλώνας II-Διαδικασία Εποπτικής Αξιολόγησης

Όσον αφορά το δεύτερο πυλώνα, ίσως το σημαντικότερο ζήτημα που τίθεται είναι αυτό που αφορά το υψηλό κόστος εφαρμογής του. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε, να αντιμετωπίσουμε θέματα που αφορούν ελλείψεις σε θέματα υποδομών, τεχνογνωσίας και εξειδικευμένου προσωπικού. Αυτή η ενότητα ασχολείται με τις βασικές αρχές του εποπτικού ελέγχου, διαχείρισης κινδύνων καθοδήγησης και εποπτείας διαφάνειας και λογοδοσίας που παράγεται από την επιτροπή σε σχέση με τους τραπεζικούς κινδύνους, συμπεριλαμβανομένης της καθοδήγησης που αφορούν, μεταξύ άλλων, την αντιμετώπιση των κίνδυνου επιτοκίου στο τραπεζικό χαρτοφυλάκιο, τον πιστωτικό κίνδυνο (stress testing, definition of default, residual risk, and credit concentration risk), το λειτουργικό κίνδυνο, τη συνεργασία, και την τιτλοποίηση.

Η διαδικασία εποπτικής αξιολόγησης του πλαισίου έχει ως στόχο όχι μόνο να εξασφαλιστεί ότι οι τράπεζες έχουν επαρκή κεφάλαια για να υποστηρίξει όλους τους κινδύνους στην επιχείρησή τους, αλλά και να ενθαρρύνει τις τράπεζες να αναπτύξουν και να χρησιμοποιούν καλύτερες τεχνικές διαχείρισης του κινδύνου όσον αφορά την παρακολούθηση και τη διαχείριση των κινδύνων τους.

Οι εποπτικές αρχές αναμένεται να αξιολογήσουν πόσο καλά οι τράπεζες αξιολογουν τις κεφαλαιακές τους ανάγκες σχετικά με τους κινδύνους τους και να παρεμβαίνουν, όπου κρίνεται σκόπιμο και αναγκαίο.

Η Επιτροπή αναγνωρίζει τη σχέση που υπάρχει μεταξύ του ποσού του κεφαλαίου που κατέχει η τράπεζα έναντι των κινδύνων και τη δύναμη και την αποτελεσματικότητα διαχείρισης του κινδύνου της τράπεζας και των διαδικασιών εσωτερικού ελέγχου.

Ωστόσο, η αύξηση κεφαλαίου δεν πρέπει να είναι θεωρείται ως η μόνη επιλογή για την αντιμετώπιση των κινδύνων που αντιμετωπίζει η τράπεζα. Άλλα μέσα που πρέπει ωστόσο να εξετάζονται για την αντιμετώπιση του κινδύνου είναι η ενίσχυση της διαχείρισης των κινδύνων, η εφαρμογή εσωτερικών ορίων, η ενίσχυση του επιπέδου των προβλέψεων και αποθεματικών, καθώς και η βελτίωση των εσωτερικών ελέγχων.

2.5 Πυλώνας III – Πειθαρχία της αγοράς με βάση την δημοσιοποίηση στοιχείων και πληροφοριών σχετικών με τον κίνδυνο

Ο πυλώνας III κατά κύριο λόγο, ενισχύει τους δύο προηγούμενους πυλώνες καθιερώνοντας την πειθαρχία της αγοράς μέσω δημοσιοποίησης και γνωστοποίησης απαραίτητων πληροφοριών που θα επιτρέπουν στους συμμετέχοντες της αγοράς να αξιολογήσουν την τράπεζα και να πάρουν ανάλογες επενδυτικές αποφάσεις. Η πειθαρχία της αγοράς έχει τη δυνατότητα να ενισχύσει τον κανονισμό του κεφαλαίου και των άλλων εποπτικών προσπαθειών για την προώθηση της ασφάλειας και της ευρωστίας των τραπεζών και του χρηματοπιστωτικού συστήματος. Η πειθαρχία της αγοράς επιβάλλει ισχυρά κίνητρα στις τράπεζες να ασκούν τις δραστηριότητές τους με ασφαλή και αποδοτικό τρόπο.

Όσον αφορά, το λειτουργικό κίνδυνο οι πληροφορίες που πρέπει να δημοσιοποιούνται πρέπει να είναι τόσο ποιοτικού αλλά και ποσοτικού χαρακτήρα.

Πιο συγκεκριμένα,

Ποιοτική πληροφόρηση: περιγραφή της κεφαλαιακής δομής της τράπεζας (π.χ. μετοχές, ομόλογα, τραπεζικός δανεισμός), πολιτικές αντιστάθμισης του κινδύνου, στρατηγικές διαχείρισης του κινδύνου, καθώς και μέθοδοι που ακολουθούνται για την αξιολόγηση κινδύνου.

Ποσοτική πληροφόρηση: Δημοσιοποίηση του κεφαλαίου που απαιτείται σε κάθε κατηγορία εργασιών της τράπεζας καθώς και περιγραφές του Tier 1 & Tier 2 κεφαλαίου, όπως αυτά περιγράφηκαν αναλυτικά στον Πυλώνα I της Ενότητας 2.2.

Από τον Ιούλιο του 2019 και μετά η Επιτροπή της Βασιλείας εξέδωσε σειρά συμπληρωματικών συστάσεων, κανόνων κλπ, το σύνολο των οποίων είναι γνωστό ως Βασίλεια III. Αποτελεί την εποπτική απάντηση στη χρηματοοικονομική κρίση και προβλέπεται ότι θα ολοκληρωθεί η υλοποίησή της μέχρι το 2019.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Αποτίμηση του λειτουργικού κινδύνου μέσω μέτρων κινδύνου

3.1 Εισαγωγή

Στις αρχές της δεκαετίας του '90 εμφανίστηκε ένας σημαντικός αριθμός εταιρικών πτωχεύσεων μεγάλου μεγέθους που οφείλονταν στην μη κατάλληλη χρήση των παραγώγων και στην έλλειψη επαρκούς εσωτερικού ελέγχου π.χ. Orange County (1994, ζημιά 1,8 δις \$), Metallgesellschaft (1994, ζημιά 1,3 δις \$), Barings (1995, ζημιά 1,3 δις \$) και Daiwa (1995, ζημιά 1,1 δις \$).

Το γεγονός ότι ολόκληρα χρηματοοικονομικά συστήματα κατέρρεαν όχι μόνο στις υπό ανάπτυξη χώρες όπως η Αργεντινή, η Βραζιλία ή το Μεξικό αλλά και στις ανεπτυγμένες χώρες (κρίση αποταμιεύσεων και δανείων στις ΗΠΑ στην δεκαετία του '80, κρίση του τραπεζικού συστήματος της Ιαπωνίας στην δεκαετία του '90), έφερε στο προσκήνιο τους κινδύνους που αντιμετωπίζουν οι επιχειρήσεις και κατά συνέπεια τα χρηματοοικονομικά συστήματα. Επομένως, η ανάγκη για βελτιωμένη διαχείριση κινδύνου ήταν πλέον ξεκάθαρη (κυρίως από τους χρηματοπιστωτικούς οργανισμούς) και δεν δημιουργήθηκε ως αποτέλεσμα κακών κυβερνητικών επιλογών και έλλειψης αυστηρής εποπτείας.

Ως μέσο αντίδρασης σ' αυτού του είδους τα γεγονότα, αναπτύχθηκε η Αξία σε Κίνδυνο (Value at Risk – VaR), μια νέα μέθοδος για τη μέτρηση του κινδύνου, η οποία επικεντρώνεται στην ζημιά που θα έχει μια επιχείρηση με βάση μια ανεκτή πιθανότητα. Αναπτύχθηκε το 1993 και έγινε ευρέως εφαρμόσιμη το 1994 διαμέσου του RiskMetrics της εταιρείας J.P.Morgan, ενώ ενσωματώθηκε το 1997 με το CreditMetrics και το 1999 με το CorporateMetrics και PensionMetrics. Η αξία σε κίνδυνο έχει γίνει πολύ δημοφιλής, όπως αποδεικνύεται κυρίως από την εφαρμογή της σε χρηματοπιστωτικούς οργανισμούς και εποπτικούς φορείς.

Αρχικά αποσκοπούσε στη μέτρηση των κινδύνων στις αγορές των παραγώγων, αλλά

διευρύνθηκε η χρήση της στους χρηματοπιστωτικούς οργανισμούς για τη μέτρηση των επενδυτικών κινδύνων και ιδιαίτερα του κινδύνου αγοράς και του πιστωτικού κινδύνου.

Ένας οικονομικός διευθυντής συχνά ασχολείται να απαντήσει στην ερώτηση " Ποιά είναι το μέγιστο ποσό που μπορώ να περιμένω να χάσω με μια ορισμένη πιθανότητα σε ένα δεδομένο χρονικό ορίζοντα; ". Την ίδια χρονική στιγμή, η ανησυχία των ρυθμιστικών αρχών είναι να εξασφαλιστεί ότι οι τράπεζες διαθέτουν επαρκείς ποσότητες αποθεματικών, που θα καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος του υλικού απώλειές τους που προκύπτουν από χρηματοοικονομικούς κινδύνους. Οι ανησυχίες και των δύο μερών μπορούν να εκτιμηθούν με το VaR.

Το VaR ή Δυνητικός Κίνδυνος είναι πιθανόν η πιο δημοφιλής μέτρηση κινδύνου που χρησιμοποιείται από χρηματοοικονομικούς οργανισμούς. Αυτό συμβαίνει διότι απαιτείται από τις ρυθμιστικές αρχές να υπολογίζεται ο κίνδυνος αγοράς. Αργότερα ωστόσο υιοθετήθηκε και για τον υπολογισμό του πιστωτικού και του λειτουργικού κινδύνου.

Το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει τη μέθοδο μέτρησης του VaR για το Λειτουργικό κίνδυνο. Αρχίζοντας με τον ορισμό που υπάρχει σε διάφορες βιβλιογραφικές αναφορές και συνεχίζοντας με την μεθόδο υπολογισμού της αθροιστικής κατανομής και τις κατανομές που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό αυτής θα γίνει μια αναλυτική παρουσίαση του μέτρου αυτού. Θα παρουσιαστεί η πιο κοινή μέθοδος για τον υπολογισμό του VaR, η προσομοίωση Monte Carlo (Monte Carlo Simulation). Τέλος θα γίνει αναφορά σε ένα συμπληρωματικό μέτρο κινδύνου του VaR, το Expected Shortfall.

3.2 Ορισμός και ερμηνεία της αξίας σε κίνδυνο (VaR)

Στα οικονομικά και στα χρηματοοικονομικά, η αξία σε κίνδυνο (VaR) είναι μια μέτρηση που δηλώνει κατά πόσο είναι πιθανόν να μειωθεί στη διάρκεια μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου (συνήθως 1 ή 10 ημερών) υπό συγκεκριμένες συνθήκες η αξία στην αγορά ενός περιουσιακού στοιχείου ή χαρτοφυλακίου περιουσιακών στοιχείων. Διαφορετικά, είναι η μέγιστη δυνατή ζημιά που ένας χρηματοοικονομικός οργανισμός μπορεί να χάσει σε ένα χρονικό διάστημα (π.χ. 1 ημέρα, 1 εβδομάδα, ένα μήνα, κλπ), με συγκεκριμένη πιθανότητα α (1%,5%, 10% , ...) (ή με

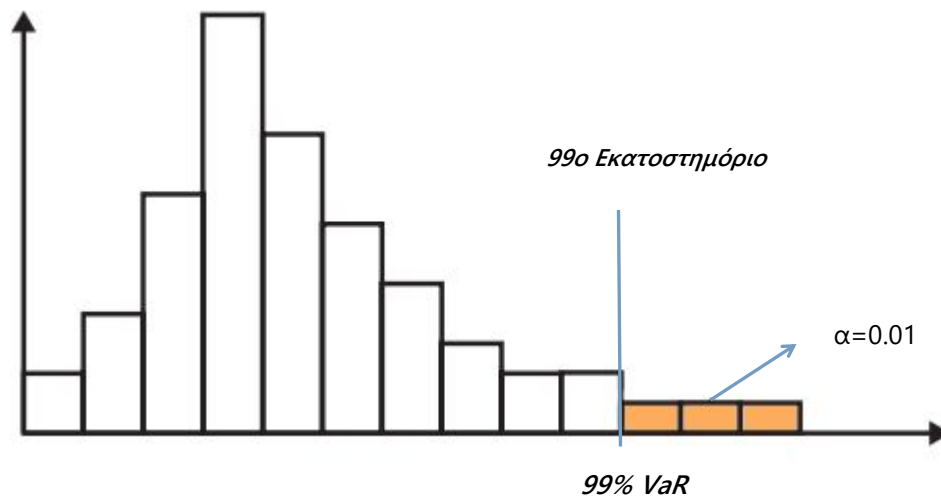
άλλα λόγια με επίπεδο εμπιστοσύνης $1-\alpha$). Το VaR είναι δηλαδή το $(1-\alpha)$ εκατοστημόριο της κατανομής ζημιών για συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Εναλλακτικά κανείς θα μπορούσε να πει ότι το VaR εκτιμάει με συγκεκριμένο επίπεδο βεβαιότητας (π.χ. 95%, 99% ...), το χρηματικό ποσό σε ένα συγκεκριμένο νόμισμα, το οποίο ένα χαρτοφυλάκιο ή ένα ίδρυμα αντέχει ανώδυνα να χάσει μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα.

Ένας αναλυτής όταν χρησιμοποιεί το μέτρο αυτό, καταλήγει στο συμπέρασμα: “Είμαστε $\alpha\%$ σίγουροι ότι η απώλεια του χαρτοφυλακίου μας δεν θα υπερβεί τα X ευρώ τις επόμενες N μέρες”.

Η VaR αποτελεί μια προσπάθεια για να εκτιμηθεί ο συνολικός κίνδυνος ενός χαρτοφυλακίου και να αποδοθεί σε χρηματικούς όρους με έναν και μόνο αριθμό. Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί πιο κατανοητά μέσω του παρακάτω διαγράμματος.

Διάγραμμα 3.2 Γραφική απεικόνιση του 99% Λειτουργικού VaR



Ερμηνεία διαγράμματος: Το παραπάνω διαγράμμα, αποτελεί ένα ιστόγραμμα απεικόνισης της κατανομής πιθανότητας των συνολικών ζημιών. Το VaR είναι το 99% εκατοστημόριο της κατανομής ζημιών για συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Με άλλα λόγια εάν το 99% ημερήσιο VaR ενός χαρτοφυλακίου είναι X € αυτό σημαίνει ότι το χαρτοφυλάκιο δεν είναι δυνατόν να χάσει πάνω από X € μέσα στην επόμενη ημέρα 99

φορές στις 100.

3.3 Παράμετροι για τον υπολογισμό του VaR

Η αξία σε κίνδυνο (VaR) έχει τρεις κύριες παραμέτρους:

- I. Τον χρονικό ορίζοντα (περίοδο) τον οποίο αναλύουμε (δηλαδή τη διάρκεια κατά την οποία σκοπεύουμε να διακρατήσουμε τα περιουσιακά στοιχεία στο χαρτοφυλάκιο - την περίοδο διακράτησης). Αφορά το χρονικό διάστημα για το οποίο θέλουμε να υπολογίσουμε τη μέγιστη ζημιά. Συνήθως στις τράπεζες χρησιμοποιούνται συνήθως 1 ημέρα ή 1 μήνας. Ωστόσο, ένας μη χρηματοοικονομικός οργανισμός μπορεί να χρησιμοποιήσει και διαστήματα μεγαλύτερα πχ τρίμηνο.
- II. Το επίπεδο εμπιστοσύνης στο οποίο σκοπεύουμε να κάνουμε την εκτίμηση. Συνήθως τα διαστήματα εμπιστοσύνης είναι 99% και 95% . Καθορίζει την πιθανότητα (α) να συμβεί η ζημιά και την εμπιστοσύνη που μπορεί να έχουμε στο VaR. Όσο πιο υψηλό είναι το επίπεδο εμπιστοσύνης τόσο περισσότερο αξιόπιστο είναι το μέτρο της VaR. Η επιλογή όμως του επιπέδου εμπιστοσύνης εξαρτάται από το σκοπό της χρήσης της VaR. Αν η VaR χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του ποσού της κεφαλαιακής επάρκειας, τότε συνίσταται η χρήση ενός υψηλού διαστήματος εμπιστοσύνης. Αν όμως ο διαχειριστής κινδύνου θέλει να εξετάσει την ακρίβεια της VaR μέσω στατιστικών ελέγχων τότε θα επιλέξει ένα επίπεδο εμπιστοσύνης που δεν είναι πολύ υψηλό π.χ. 95%-99%. Και αυτό συμβαίνει γιατί σε ένα υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης (π.χ. 99.9%) ο διαχειριστής δεν μπορεί να ελέγξει πόσες φορές οι ζημιές ξεπέρασαν την VaR. Αρκετές φορές όμως μας ενδιαφέρουν οι πολύ μεγάλες ζημιές, που συμβαίνουν σπάνια, οπότε χρησιμοποιούμε επίπεδο εμπιστοσύνης 99.9% (δηλαδή πρόκειται για ζημιές που συμβαίνουν 1 φορά στις 1000).
- III. Τη νομισματική μονάδα που θα χρησιμοποιηθεί για να επονομάσουμε την αξία σε κίνδυνο. Είναι το νόμισμα στο οποίο εκφράζεται το κύριο κεφάλαιο της τράπεζας , πχ €, \$.

Το VaR είναι ένα πολύ εύχρηστο και χρήσιμο εργαλείο καθώς συνοψίζει σε έναν αριθμό όλες τις μετρήσεις ενός συγκεκριμένου κινδύνου. Ο αριθμός αυτός εκφράζεται σε μονάδες χρήματος. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με την

κατανομή προσέγγισης ζημιών που αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο στην εξελιγμένη προσέγγιση μέτρησης για το λειτουργικό κίνδυνο και τον ορισμό του VaR , το VaR μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως το κεφάλαιο που απαιτείται.

3.4 Αθροιστική κατανομή ζημιών

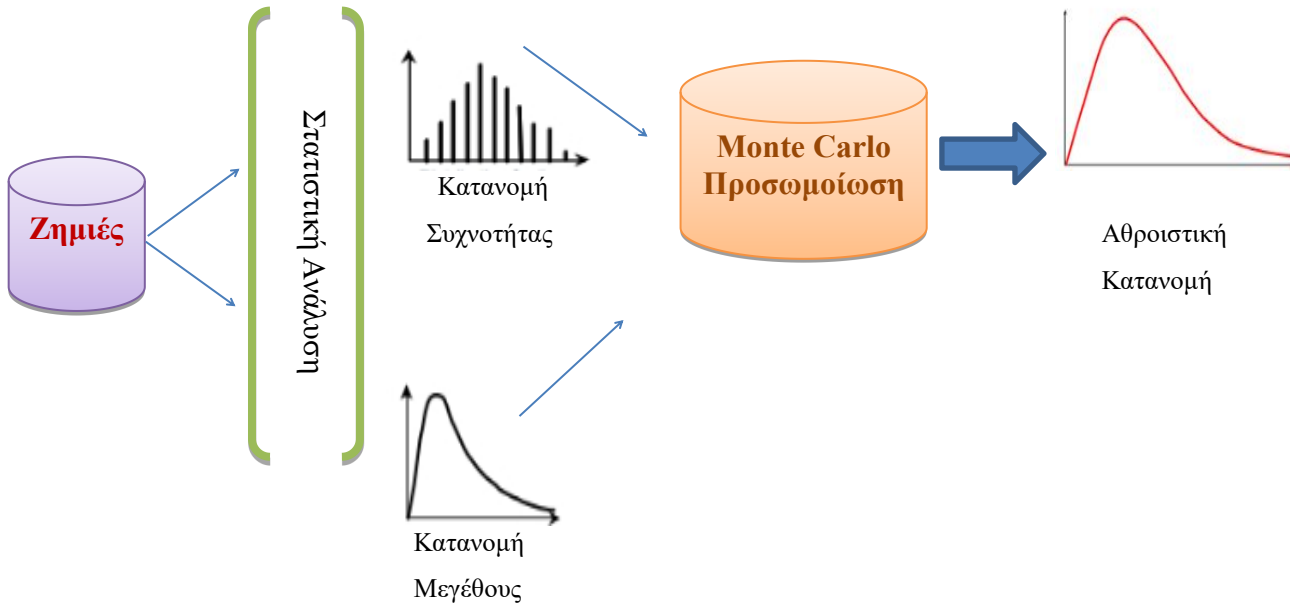
Σε προηγούμενο κεφάλαιο έχουμε αναφέρει ότι σύμφωνα με την προσέγγιση κατανομής ζημιών (Loss Distribution Approach-LDA) της Βασιλείας II, που συναντήσαμε στην εξελιγμένη προσέγγιση μέτρησης του κεφαλαίου για την κάλυψη του λειτουργικού κινδύνου, είναι αναγκαία η εύρεση της κατανομής συχνότητας και της κατανομής του μεγέθους ζημιών προκειμένου να υπολογίσουμε την κατανομή ζημιών των λειτουργικών κινδύνων. Η LDA είναι μια παραμετρική τεχνική που βασίζεται σε εσωτερικά ιστορικά δεδομένα ζημιάς (ενδεχομένως εμπλουτισμένα με εξωτερικά δεδομένα).

Για τον υπολογισμό λοιπόν της αθροιστικής κατανομής ζημιών θέλουμε να συνδυάσουμε τις κατανομές συχνότητας ζημιών και τις κατανομές μεγέθους ζημιών. Ψάχνουμε για μαθηματικά μοντέλα που περιγράφουν καλύτερα τα δεδομένα μας. Στη συνέχεια συνδυάζουμε τις δύο κατανομές συχνότητας ζημιών και μεγέθους ζημιών και μέσω προσομοίωσης Monte Carlo, λαμβάνουμε τη συνολική κατανομή των ζημιών. Αυτή η διαδικασία μπορεί να γίνει πιο κατανοητή από το Σχήμα 3.4. Τέλος, αθροίζοντας τα επιμέρους VaR υπολογίζουμε το π.χ. 99.9% και παίρνουμε το κεφάλαιο που απαιτείται από τη Βασιλεία II.

Η εφαρμογή της LDA βασίζεται στα ακόλουθα βήματα :

1. Εκτίμηση της κατανομής μεγέθους ζημιών
2. Εκτίμηση της κατανομής συχνότητας ζημιών
3. Υπολογισμός της κεφαλαιακής απαίτησης
4. Ενσωμάτωση αποτελεσμάτων από εμπειρογνώμονες

Σχήμα 3.4 Απεικόνιση της διαδικασίας υπολογισμού της αθροιστικής κατανομής για τον υπολογισμό του VaR



Η συνδυαστική κατανομή της συχνότητας και του μεγέθους των ζημιών για κάθε συνδυασμό κατηγορίας εργασιών και τύπου λειτουργικής ζημιάς ακολουθεί τις υποθέσεις:

- Η κατανομή του αριθμού των ζημιών είναι ανεξάρτητη από το μέγεθος των ζημιών.
- Δοθέντος του ολικού αριθμού των ζημιών, το μέγεθος των ζημιών είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και είναι ομοίως κατανεμημένες θετικές τυχαίες μεταβλητές.
- Αν ο αριθμός όλων των ζημιών είναι k , η κατανομή του μεγέθους των ζημιών είναι ανεξάρτητη από το k .

Αν N_t ο αριθμός των ζημιών σε χρονική περίοδο ενός έτους και X οι ζημιές τότε οι αθροιστικές ζημιές ακολουθούν μια στοχαστική διαδικασία:

$$S_t = X_1 + X_2 + \dots + X_t = \sum_{n=1}^{N_t} X_k$$

Η αθροιστική συνάρτηση κατανομής αυτής της διαδικασίας είναι

$$F_{S_t} = P(S_t \leq s) = \begin{cases} \sum_{n=1}^{\infty} P(N_t) F_x^{*n}(s), & s > 0 \\ P(N_t), & s = 0 \end{cases}$$

Όπου F_X : η κατανομή της τυχαίας μεταβλητής X που δηλώνει τις ζημιές

F_X^{*n} : η n-οστή συνέλιξη του F_x , που δίνεται από:

$$F_X^{*n}(s) = P\left(\sum_k^n X_k \leq s\right)$$

Το Value at Risk δίνεται από:

$$1 - a = F_{S_t}(VaR) = \sum_{n=1}^{\infty} P(N_t = n) F^{*n}(VaR)$$

ή από την αντίστροφη της αθροιστικής συνάρτησης κατανομής:

$$VaR = F_t^{-1}(1-a)$$

Στην περίπτωση που έχουμε κατανομές με βαριά ουρά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη σχέση:

$$VaR = F_X^{-1}\left(1 - \frac{a}{E[N_t]}\right), \text{ όπου}$$

F_X^{-1} : η αντίστροφη συνάρτηση κατανομής του μεγέθους των ζημιών

$E[N_t]$: η μέση τιμή της κατανομής συχνότητας

Παράδειγμα: Έστω ότι το μέγεθος των Λειτουργικών Κινδύνων ακολουθεί κατανομή Lognormal με $\mu=7$ και $\sigma=1$, και η ετήσια συχνότητα των ζημιών ακολουθεί την κατανομή Poisson με $\lambda=100$ το 95% και 99% μπορεί να βρεθεί ως:

Υπολογίζουμε την ποσότητα $1 - \frac{\alpha}{E[N_t]}$

Για $\alpha=0.05$ και $\alpha=0.01$ έχουμε: ↙ $\lambda=100$

$$Q_1 = 1 - \frac{a}{E[N_t]} = 1 - \frac{0.05}{100} = 0.9995$$

$$Q_2 = 1 - \frac{a}{E[N_t]} = 1 - \frac{0.01}{100} = 0.9999$$

$$\text{Το 95\% VaR} = F^{-1}(0.9995) = 29452.28$$

$$\text{και 99\% VaR} = F^{-1}(0.9999) = 45207.42$$

Στις επόμενες παραγράφους θα παρουσιαστούν τόσο οι κατανομές που περιγράφουν καλύτερα την κατανομή συχνοτήτων όσο και οι κατανομές που περιγράφουν καλύτερα το μέγεθος των ζημιών για να υπολογιστεί η αθροιστική κατανομή και να ακολουθηθεί η διαδικασία εύρεσης της κεφαλαιακής απαίτησης.

3.5 Μοντελοποίηση της συχνότητας των ζημιών

Η συχνότητα αναφέρεται στον αριθμό των γεγονότων που συμβαίνουν μέσα σε μια δεδομένη χρονική περίοδο. Σε αναλογιστικό μοντέλο, μια κατανομή συχνότητας είναι μια διακριτή κατανομή, που περιγράφεται από μια τυχαία μεταβλητή X η οποία παίρνει τιμές στο σύνολο των μη-αρνητικών ακεραίων $\{0, 1, 2, \dots, n\}$.

Σημαντικά εμπειρικά στοιχεία υποστηρίζουν ότι η κατανομή Poisson είναι συνήθως επαρκής για τη μοντελοποίηση συχνότητας ζημιών. Ωστόσο, κάθε κατανομή μη-αρνητικών ακεραίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μοντελοποίηση συχνότητας των ζημιών. Τρεις τέτοιες κατανομές που χρησιμοποιούνται συνήθως, είναι η κατανομή Poisson, η αρνητική διωνυμική κατανομή και η διωνυμική κατανομή.

i. Κατανομή Poisson

Η κατανομή των πιθανοτήτων Poisson μπορεί να αναπαρασταθεί μαθηματικά με την ακόλουθη συνάρτηση για μη αρνητικούς ακέραιους:

$$f(x; \lambda) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x!}, \quad x = 0, 1, 2, \dots \quad \text{και} \quad \lambda \geq 0$$

όπου λ είναι η παράμετρος της κατανομής.

Αποτελεί μια διακριτή κατανομή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει τον αριθμό των εμφανίσεων ενός γεγονότος σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ο παράγοντας λ δηλώνει το μέσο όρο εμφάνισης ενός γεγονότος.

Η μέση τιμή και η διακύμανση της κατανομής δίνονται από τους τύπους:

$$E(N) = \lambda, \quad Var(X) = \lambda$$

ii. Αρνητική Διωνυμική Κατανομή

Η αρνητική διωνυμική κατανομή έχει:

$$f(x; r, p) = \frac{\Gamma(r+x)}{x! \Gamma(r)} p^r (1-p)^x, \quad x=0,1,2,\dots \text{ και } r>0, 0<p<1$$

όπου r και p είναι οι δύο παράμετροι της κατανομής. Επειδή έχει δύο παραμέτρους, η αρνητική διωνυμική κατανομή είναι πιο ευέλικτη από την κατανομή Poisson.

Η μέση τιμή και η διακύμανση της κατανομής δίνονται από:

$$E(X) = \frac{r(1-p)}{p}, \quad Var(X) = \frac{r(1-p)}{p^2}$$

Δεδομένου ότι η διακύμανση της αρνητικής διωνυμική υπερβαίνει πάντοτε τη μέση τιμή, σε αντίθεση με την κατανομή Poisson $E(X)=Var(X)$, η κατανομή αυτή χρησιμοποιείται συνήθως για να μοντελοποιήσει τις συχνότητες συμβάντων που υπόκειται σε υψηλό βαθμό μεταβλητότητας.

iii. Η διωνυμική κατανομή

Η διωνυμική κατανομή δεν ορίζεται σε όλους τους ακεραίους αλλά παίρνει τιμές $1, \dots, n$ και έχει:

$$f(x; n, p) = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x (1-p)^{n-x}, \quad x=0,1,2,\dots,n \text{ και } 0 \leq p \leq 1$$

όπου n, p είναι οι παράμετροι της κατανομής.

Η μέση τιμή και η διακύμανση της κατανομής δίνονται από τους τύπους:

$$E(X)=np, \text{Var}(X)=npq, \text{ όπου } q=1-p$$

Η διωνυμική κατανομή, δεδομένου ότι $\text{Var}(X) < E(X)$ χρησιμοποιείται γενικά για να μοντελοποιηθεί η συχνότητα των γεγονότων, όπου υπάρχει σχετικά μικρή μεταβλητότητα.

Εμπειρικά στοιχεία δείχνουν ότι γεγονότα τα οποία είναι σπάνια, δηλαδή έχουν μικρή συχνότητα εμφάνισης, τείνουν να ακολουθούν την κατανομή Poisson. Η κατανομή Poisson έχει ένα μοναδικό χαρακτηριστικό, η μέση τιμή αυτής της κατανομής είναι ίση με τη διακύμανση και αποτελεί κατανομή με μια παράμετρο. Μοντελοποιώντας ετήσια συχνότητα χρησιμοποιώντας κατανομή Poisson απαιτεί πολύ λιγότερα δεδομένα από ότι άλλες κατανομές. Η μέση συχνότητα μπορεί να εκτιμηθεί χρησιμοποιώντας είτε τη μέθοδο των ροπών είτε τη μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας (Maximum Likelihood Estimation -MLE). Συχνά επιλέγεται για τη μοντελοποίηση συχνότητας των ζημιών λόγω της βολικής αυτής ιδιότητας, $E(N)=V(N)=\lambda$, όπου N =πλήθος γεγονότων (ζημιών).

Η διάκριση μεταξύ των τριών κατανομών είναι η σχέση μεταξύ της μέσης τιμής και της διακύμανσης. Πιο συγκεκριμένα, αν η μέση τιμή είναι ίδιου μεγέθους με τη διακύμανση τότε η κατανομή Poisson είναι η πιο κατάλληλη. Αν η μέση τιμή είναι μικρότερη από τη διακύμανση του δείγματος τότε προτείνεται η αρνητική διωνυμική κατανομή. Αν η μέση τιμή είναι μεγαλύτερη από τη διακύμανση τότε προτείνεται η διωνυμική κατανομή.

3.6 Μοντελοποίηση του μεγέθους των ζημιών

Για την κατανομή μεγέθους ζημιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ακόλουθες κατανομές ανάλογα με την πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου.

Πιο συγκεκριμένα,

i. Κίνδυνοι χαμηλού μεγέθους με μεγάλη πιθανότητα εμφάνισης εκτιμώνται κυρίως με κατανομές με ελαφριά ή μεσαία ουρά.

Τέτοιου είδους κατανομές παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες:

Πίνακας 3.6.1 Κατανομές με ελαφριά ουρά

Ελαφριά ουρά					
	Κατανομές	Συνάρτηση	Παράμετροι	E(X)	Var(X)
$f(x; \alpha, \beta)$	Weibull	$\frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha}$	$x \geq 0, \alpha > 0,$ $\beta > 0$	$\beta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)$	$\beta^2 \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) - \left(\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)\right)^2\right]$
$f(x; a, \beta)$	Beta	$\frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}$	$\alpha, \beta > 0,$ $0 \leq x \leq 1$	$\frac{\alpha}{\alpha + \beta}$	$\frac{\alpha\beta}{(\alpha + \beta + 1)(\alpha + \beta)^2}$
$f(x; \mu, \sigma^2)$	Normal	$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	$\mu \in R, \sigma > 0,$ $x \in R$	μ	σ^2

Πίνακας 3.6.2 Κατανομές με μεσαία ουρά

Μεσαία ουρά					
	Κατανομές	Συνάρτηση	Παράμετροι	E(X)	Var(X)
$f(x; \mu, \sigma)$	LogNormal	$\frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}}$	$\mu \in R, \sigma > 0,$ $x \in (0, +\infty)$	$e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$	$e^{2\mu + \sigma^2} (e^{\sigma^2} - 1)$
$f(x)$	Gumbel	$e^{-(x + e^{-x})}$	$x \in R$	γ : σταθερά Euler ≈ 0.5772	$\frac{\pi^2}{6}$
$f(t; a, \lambda)$	Gamma	$\frac{\lambda^\alpha}{\Gamma(\alpha)} t^{\alpha-1} e^{-\lambda t}$	$t > 0, a > 0,$ $\lambda > 0$	$\frac{\alpha}{\lambda}$	$\frac{\alpha}{\lambda^2}$

ii. Κίνδυνοι υψηλού μεγέθους με χαμηλή πιθανότητα εμφάνισης εκτιμώνται κυρίως με κατανομές με βαριά ουρά.

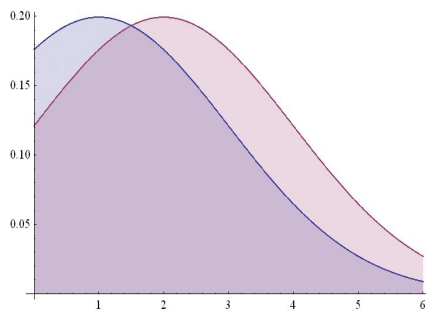
Τέτοιου είδους κατανομές είναι:

Πίνακας 3.6.3 Πίνακας κατανομών με βαριά ουρά

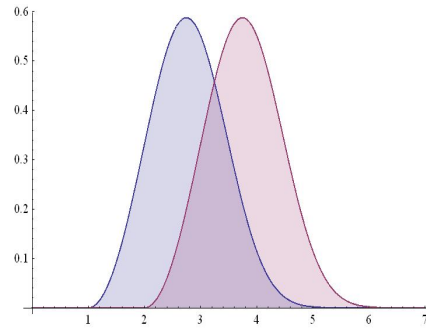
Βαριά ουρά					
	Κατανομές	Συνάρτηση	Παράμετροι	E(X)	Var(X)
$f(x; \alpha, \beta)$	Log-Gamma	$\frac{\beta^{-\alpha}}{\Gamma(\alpha)} (\ln x)^{-1+\alpha} x^{-\frac{1+\beta}{\beta}}$	$x > 1, \alpha > 0,$ $\beta > 0$	$(1 - \beta)^{-\alpha}$	$(1-2\beta)^{-\alpha} - (1-\beta)^{-2\alpha}$
$f(x)$	Cauchy	$\frac{1}{\pi(1+x)^2}$	$x \in R$	Δεν υπάρχει	Δεν υπάρχει
$f(x; \alpha, \gamma)$	Burr	$\gamma \alpha \frac{x^{\gamma-1}}{(1+x^\gamma)^{\alpha+1}}$	$\gamma > 0, x > 0$	$\frac{1}{\Gamma(\alpha)} \Gamma(1+\frac{1}{\gamma}) \Gamma(\alpha-\frac{1}{\gamma})$	$\frac{1}{\Gamma(\alpha)} \Gamma(1+\frac{2}{\gamma}) \Gamma(\alpha-\frac{2}{\gamma})$ $-\frac{1}{\Gamma^2(\alpha)} \Gamma^2(1+\frac{1}{\gamma}) \Gamma^2(\alpha-\frac{1}{\gamma})$
	Γενικευμένη κατανομή ακραίων τιμών (GEV)	Οικογένεια συνεχών κατανομών που συνδυάζει 3 κατανομές μαζί . Θα αναλυθεί εκτενώς στο επόμενο κεφάλαιο			
	Γενικευμένη κατανομή Pareto (GPD)	Οικογένεια συνεχών κατανομών Θα αναλυθεί εκτενώς στο επόμενο κεφάλαιο			

Ανάλογα με το πόσο καταστροφική είναι η λειτουργική ζημιά και τη συχνότητα που συμβαίνει η ζημιά κατηγοριοποιήσαμε με βάση αυτό τις παραπάνω κατανομές. Χαρακτηριστική ιδιότητα των κατανομών των λειτουργικών ζημιών είναι η βαριά ουρά. Ζημιές που συμβαίνουν με μικρή πιθανότητα και είναι μεγάλου μεγέθους, πιθανότατα και ακραίες ζημιές προσαρμόζονται κατάλληλα με κατανομές με βαριά ουρά. Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση για τις περισσότερες από τις παραπάνω κατανομές που αναφέραμε προκειμένου να γίνει πιο εμφανής η διαφορά μεταξύ αυτών των κατανομών.

Διαγραμμα 3.6.1 Διαγραμματική απεικόνιση κατανομών με ελαφριά ουρά

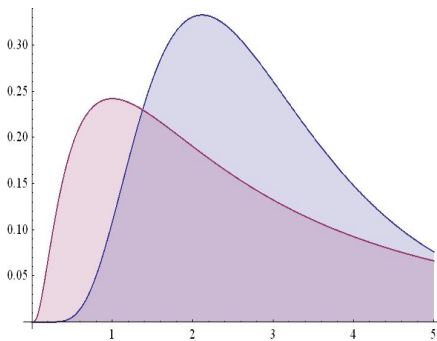


Normal($\mu,2$), $\mu=1,2$

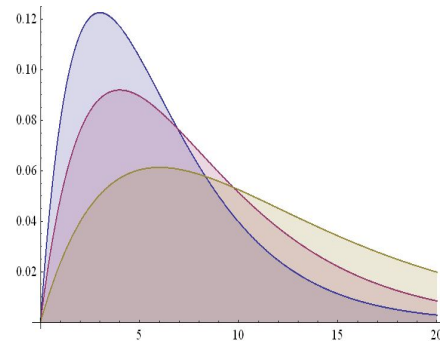


weibull(3,2, μ), $\mu=1,2$

Διαγραμμα 3.6.2 Διαγραμματική απεικόνιση κατανομών με μεσαία ουρά

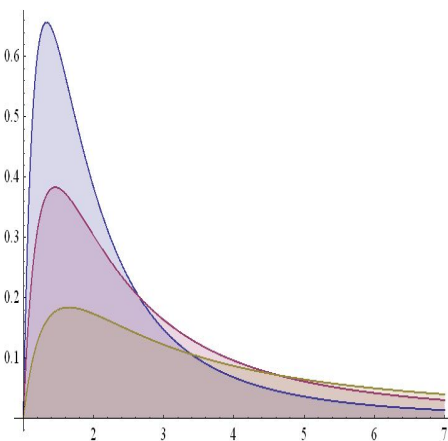


logNormal (1, σ), $\sigma=0.5,1$

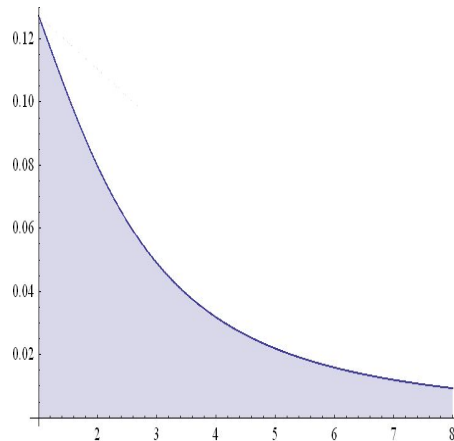


Gamma (2, β), $\beta=3,4,6$

Διαγραμμα 3.6.3 Διαγραμματική απεικόνιση κατανομών με βαριά ουρά



Loggamma (2, β), $\beta=0.4,0.6,1$



cauchy($a,1$), $a=0$, $x \{1,8\}$

Απο τα παραπάνω διαγράμματα είναι εμφανής η διαφορά ανάμεσα στις κατανομές με ελαφριά ουρα και βαριά ουρα ως προς το μέγεθος των ζημιών. Αν συγκρίνουμε το διάγραμμα της κατανομής Weibull με της Loggamma αυτο που παρατηρούμε είναι ότι στην πρώτη περίπτωση το μέγεθος των ζημιών είναι χαμηλότερο από ότι στην κατανομή Loggamma που το μέγεθος των ζημιών είναι υψηλότερο.

Η επιλογή κατάλληλου μοντέλου που να περιγράφει ικανοποιητικά το μέγεθος των λειτουργικών ζημιών είναι πιο σημαντική απο την κατανομή συχνοτήτων και αυτό διότι ένα υψηλού μεγέθους ζημιογόνο γεγονός μπορεί να είναι καταστροφικό.

Ένα σημαντικό ερώτημα είναι εάν τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα που χρησιμοποιούν διαφορετικά μοντέλα για το μέγεθος των ζημιών μπορούν να φτάσουν σε πολύ διαφορετικά αποτελέσματα ή εκτιμήσεις. Εμπειρικά αποτελέσματα έχουν δείξει ότι η χρήση διαφορετικών μοντέλων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά διαφορετικές εκτιμήσεις κεφαλαίου και αυτό διότι ορισμένα μοντέλα μπορεί να απορρίπτονται ύστερα απο στατιστικούς ελέγχους που πραγματοποιούνται για την καταλληλότητα του μοντέλου, δηλαδή εάν τα δεδομένα περιγράφονται ικανοποιητικά απο κάποια κατανομή.

Για τον έλεγχο καταλληλότητας προσαρμογής των δεδομένων σε κάποια κατανομή μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ακόλουθοι έλεγχοι καλής προσαρμογής :

- Ο Kolmogorov-Smirnov (K-S)
- Ο Anderson-Darling (A-D)

Οι έλεγχοι αυτοί πραγματοποιούνται απο διάφορα στατιστικά πακέτα π.χ. SPSS,R.

Ένας άλλος τρόπος να ελέγξουμε εάν τα δεδομένα προσαρμόζονται κατάλληλα είναι μέσω γραφημάτων P-P Plot και Q-Q Plot, ώστε να έχουμε μια εποπτική εικόνα για τα δεδομένα. Και στα δυο γραφήματα αν τα σημεία βρίσκονται “κοντά” στη διαγώνιο (και τυχαία γύρω απο αυτή) τότε μπορεί να θεωρηθεί ότι τα δεδομένα προέρχονται από την κατανομή που έχουμε πάρει ως υπόθεση. Οι έλεγχοι μέσω γραφημάτων δεν μπορούν να χαρακτηριστούν αξιόπιστοι, χρησιμοποιούνται κυρίως για να έχουμε μια πρώτη εικόνα για τα δεδομένα.

Ο έλεγχος καλής προσαρμογής Anderson-Darling (Anderson-Darling, 1952) είναι πιο κατάλληλος όταν έχουμε δεδομένα με υψηλή επίδραση γιατί παρουσιάζει ευαισθησία

στην ουρά των δεδομένων.

Εμπειρικά αποτελέσματα έχουν δείξει ότι η καταλληλότερη κατανομή για το μέγεθος των ζημιών είναι η LogNormal. Για ακραίες ζημιές όμως στην ουρά της κατανομής είναι αναγκαία η προσέγγιση μέσω γενικευμένων μοντέλων πιθανοτήτων, που θα παρουσιαστούν αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο. Η αναγκαιότητα γενικευμένων μοντέλων είναι διότι οι υπολογισμοί καταστροφικών ζημιών είναι ευαίσθητοι στην ουρά της κατανομής και απλά μοντέλα πιθανοτήτων δεν επαρκούν για τέτοιες μελέτες που αφορούν είτε πολύ μικρές ζημιές είτε πολύ μεγάλες ζημιές δηλαδή ακραία γεγονότα.

3.7 Μέθοδος Προσομοίωσης Monte Carlo για τη μέτρηση του VaR

Η μέθοδος προσομοίωσης Monte Carlo αποτελεί την πιο εξελιγμένη μέθοδο μέτρησης του VaR. Είναι μια ευέλικτη μέθοδος για την ανάλυση συμπεριφοράς ορισμένων δραστηριοτήτων ή διαδικασιών που αφορούν την αβεβαιότητα. Η μέθοδος αυτή εφευρέθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1940 από τον Stanislaw Ulam.

Βασίζεται στην παραγωγή μεγάλου αριθμού σεναρίων. Περιλαμβάνει ένα πρότυπο και οι δοκιμές γίνονται βάση αυτού του προτύπου. Η διαφορά με την ιστορική προσομοίωση είναι ότι λαμβάνει περισσότερες παρατηρήσεις για την εξαγωγή του VaR και αντί να χρησιμοποιεί ιστορικά δεδομένα ο διαχειριστής κινδύνου επιλέγει μια κατανομή που περιγράφει επαρκώς τις μεταβολές των τιμών. Όλες οι τιμές επιλέγονται τυχαία και μετά ακολουθείται η ίδια ακριβώς διαδικασία με την ιστορική προσομοίωση. Συνήθως χρησιμοποιούνται από 1000 έως 10000 τυχαίοι αριθμοί.

Γενικότερα, Monte Carlo είναι μια κατηγορία αλγορίθμων που στηρίζονται σε επαναλαμβανόμενες τυχαίες δειγματοληψίες για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων τους.

Η μέθοδος τείνει να είναι αργή στον υπολογισμό επειδή το χαρτοφυλάκιο μπορεί να ανατιμηθεί πολλές φορές. Για παράδειγμα ο υπολογισμός της VaR με τη μέθοδο Monte Carlo μπορεί να πάρει 1000 φορές περισσότερο από ότι ο υπολογισμός με την παραμετρική μέθοδο δεδομένου ότι οι δυνατές τιμές του χαρτοφυλακίου θα πρέπει να υπολογιστούν 1000 φορές τουλάχιστον.

Η διαδικασία που ακολουθείται για παράδειγμα για την κατανομή Poisson με παράμετρο λ είναι η εξής:

- Προσομοιώνουμε έναν μεγάλο αριθμό (π.χ. 10000) απο Poisson τυχαίες μεταβλητές με παράμετρο λ και βρίσκουμε την σειρά $n_1, n_2, \dots, n_{10000}$ του αριθμού ζημιών σε περίοδο ενός έτους.
- Για το κάθε σενάριο n_k με $1 \leq k \leq 10.000$ προσομοιώνουμε n_k φορές το μέγεθος των ζημιών από την κατανομή που υποθέτουμε.
- Για το κάθε σενάριο n_k με $1 \leq k \leq 10.000$ αθροίζουμε το μέγεθος των ζημιών για να καταλήξουμε σε μια σειρά από αθροιστικές ετήσιες ζημίες.
- Ταξινομούμε την σειρά των ετησίων ζημιών που έχουμε παράγει στα προηγούμενα βήματα κατά αύξουσα σειρά.
- Το VaR προκύπτει ως το π.χ 99.9 εκατοστημόριο της αθροιστικής κατανομής ζημιών.

3.8 Συνεπή μέτρα κινδύνου

Οι Artzner, et al. (1999) έχουν προτείνει μια σειρά από ιδιότητες που θα πρέπει να έχει ένα συνεπές μέτρο κινδύνου. Αυτά είναι:

Θεωρούμε ένα σύνολο V πραγματικών τυχαίων μεταβλητών. Έστω X, Y , είναι τυχαίες μεταβλητές αποδόσεων (απωλειών και κέρδους) αντίστοιχων χαρτοφυλακίων με συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα T , ενώ $\rho(\cdot)$ είναι το μέτρο κινδύνου του υποκείμενου χαρτοφυλακίου.

Μια συνάρτηση $\rho : V \rightarrow \mathbb{R}$ καλείται συνεπές μέτρο κινδύνου (coherent measure of risk) εάν έχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

1. **Μονοτονία** (monotonicity): $X, Y \in V, X \leq Y \Rightarrow \rho(X) \leq \rho(Y)$. Δηλαδή μια κατηγορία εργασιών με καλή απόδοση έχει λιγότερο κίνδυνο από μια άλλη κατηγορία εργασιών με χαμηλότερη απόδοση.

2. **Υποπροσθετικότητα** (subadditivity): $X, Y, X + Y \in V \Rightarrow \rho(X + Y) \leq \rho(X) + \rho(Y)$. Δηλαδή μια συγχώνευση μεταξύ διαφορετικών κατηγοριών μιας τράπεζας δεν δημιουργεί

επιπλέον κίνδυνου.

3.Θετική ομογένεια (positively homogeneity): $X \in V, h > 0, hX \in V \Rightarrow \rho(hX) = h\rho(X)$.

Δηλαδή ακόμα κι αν είχαμε h τέλεια συσχετισμένες κατηγορίες εργασιών μιας τράπεζας ο μέγιστος συνολικός κίνδυνος θα ήταν h φορές τον κίνδυνο της κάθε κατηγορίας εργασιών.

4.Μετατοπιστική Αμεταβλητότητα (translation invariance):

$X \in V, a \in R \Rightarrow \rho(X + a) = \rho(X) - a$. Δηλαδή εάν προσθέσουμε στην επένδυση μας ένα σταθερό ποσό a μειώνεται η επικινδυνότητα της επένδυσης.

Στους παραπάνω ορισμούς τα X, Y είναι τυχαίες μεταβλητές αποδόσεων (απωλειών και κέρδους) αντίστοιχων χαρτοφυλακίων με συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα T , ενώ $\rho(\cdot)$ είναι το μέτρο κινδύνου του υποκείμενου χαρτοφυλακίου.

Το σημαντικότερο από αυτές τις ιδιότητες είναι η υπο-προσθετικότητα(subadditivity) που αποτελεί και την κυριότερη αδυναμία του VaR. Το VaR δεν αποτελεί συνεπές μέτρο του κινδύνου, διότι δεν πληρεί το αξίωμα αυτό, ιδίως σε περιπτώσεις ζημιών με βαριά ουρά, και έτσι μπορεί να οδηγήσει σε υπερεκτίμηση της κεφαλαιακής επιβάρυνσης.

Η ιδιότητα της υποπροσθετικότητας εκφράζει το γεγονός ότι ένα χαρτοφυλάκιο που αποτελεί σύνολο υπο-χαρτοφυλακίων θα διακινδυνεύσει ένα ποσό το οποίο είναι το πολύ ίσο με το άθροισμα των επιμέρους ποσών που κινδύνευε κάθε υπο-χαρτοφυλάκιο. Ο συνολικός κίνδυνος του χαρτοφυλακίου θα είναι αυστηρά μικρότερος από το άθροισμα των μερικών κινδύνων, χάρη στην διαφοροποίηση των κινδύνων. Δεδομένου ότι το VaR υστερεί στο αξίωμα της υπο-προσθετικότητας έχει εισαχθεί ένα άλλο μοντέλο κινδύνου το *Expected Shortfall* ή *εναλλακτικά Conditional Value at Risk* το οποίο πληρεί αυτό το αξίωμα. Μια εκτενέστερη παρουσίαση αυτού του μέτρου ακολουθεί στην επόμενη παράγραφο.

3.9 Αναμενόμενη υπο συνθήκη ζημία

Η αναμενόμενη υπό συνθήκη ζημία της υπέρβασης της Αξίας σε Κίνδυνο(expected loss conditional on exceeding VaR) ή αλλιώς Conditional VaR (CVaR) ή Expected Shortfall (ES) αναπτύχθηκε από τους Artzner et al .(1997) προκειμένου να εξομαλύνει τα

εγγενή προβλήματα του VaR. Στην ασφαλιστική βιβλιογραφία ονομάζεται Conditional ή Tail Expectation Tail Conditional Expectation (TCE). Προκειμένου να προχωρήσουμε στην περιγραφή του μέτρου αυτού θα στηριχτούμε στην ονομασία αυτού ES.

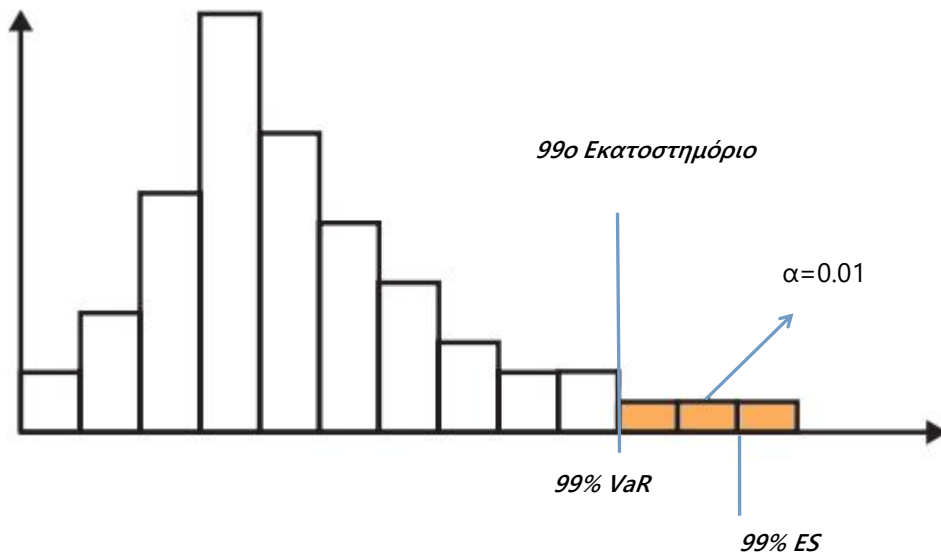
Η ποσότητα αυτή βασίζεται και προσπαθεί να εκτιμάει τον κίνδυνο όταν το VaR έχει ξεπεραστεί. Ορίζεται ως η αναμενόμενη ζημιά σε περίπτωση υπέρβασης του VaR.

Όπως το VaR, έτσι και το ES είναι συνάρτηση δύο παραμέτρων: του χρονικού ορίζοντα και ενός συγκεκριμένου επιπέδου εμπιστοσύνης $1-\alpha$, $0 < \alpha < 1$ και ορίζεται ως ακολούθως:

$$ES_{\alpha} = E[S | S > VaR_{\alpha}]$$

όπου το S περιγράφει την απώλεια του χαρτοφυλακίου λόγω λειτουργικού κινδύνου.

Διάγραμμα 3.7 Γραφική απεικόνιση του Expected Shortfall



Το VaR ορίζεται ως ένα σημείο διακοπής που έχει παραβιαστεί μόνο κάτω από ακραίες συνθήκες. Ωστόσο, δεν περιγράφει τι θα συμβεί πέραν αυτού του σημείου διακοπής. Το ES, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω αποτελεί ουσιαστικά μια επέκταση της αξίας σε κίνδυνο και διερευνά τι συμβαίνει σε αυτές τις περιπτώσεις, όταν η αξία σε κίνδυνο έχει παραβιαστεί. Το ES είναι ο μέσος όρος των ακραίων απωλειών στην "ουρά"

της κατανομής κάτι που επιβεβαιώνεται και διαγραμματικά παραπάνω.

Το ES μπορεί να εκφραστεί και ως:

$$ES_a = E(S / S > VaR) = \frac{\int_{VaR}^1 xf(x)dx}{P(S > VaR)} = \frac{\int_{VaR}^1 xf(x)dx}{1 - P(S \leq VaR)} = \frac{\int_{VaR}^1 xf(x)dx}{1 - a}$$

Η σημασία του ES είναι σημαντική ειδικά για τις ακραίες περιπτώσεις ζημιών του λειτουργικού κινδύνου. Στόχος του είναι να περιγράψει καλύτερα έναν ακραίο και καταστροφικό κίνδυνο. Αποτελεί καλύτερο μέτρο από το VaR, ωστόσο οι ρυθμιστικές αρχές δεν έχουν υιοθετήσει τη χρήση του ES.

Η ικανότητα των μοντέλων που χρησιμοποιούμε να περιγράψει τον κίνδυνο έχει να κάνει άμεσα με την κατανομή των ζημιών που έχουμε υποθέσει. Δηλαδή εάν έχουμε υποθέσει μια κατανομή με λεπτή ουρά τότε το VaR και το ES θα μας δώσουν ίδια αποτελέσματα. Εάν όμως έχουμε υποθέσει κατανομές με παχιές (βαριές) ουρές τα αποτελέσματα μεταξύ των δύο διαφοροποιούνται, αυτό συμβαίνει διότι το ES λαμβάνει υπόψη τα ακραία γεγονότα δεδομένα που συμβαίνουν και παρουσιάζονται στην ουρά της κατανομής, δηλαδή λαμβάνει υπόψη τις συνολικές ζημιές δοθέντος ότι αυτές έχουν ξεπεράσει την τιμή του VaR.

Παρόλα αυτά, έχει το μειονέκτημα ότι συνήθως υπάρχουν πολύ λίγες παρατηρήσεις (ζημιές) στην ουρά με αποτέλεσμα το ES να έχει μεγάλη μεταβλητότητα καθώς ο υπολογισμός του έχει μεγάλο στατιστικό λάθος. Ένα ακόμη πρόβλημα είναι επιπλέον ότι η εκτίμηση του ES μπορεί να πάρει πάρα πολύ μεγάλες τιμές που παύουν να είναι πρακτικές σε σχέση με τον υπολογισμό της κεφαλαιακής επάρκειας.

Ακολουθούν δυο παραδείγματα για να γίνει πιο κατανοητό αυτό το μέτρο.

Παράδειγμα 1 Για ένα χαρτοφυλάκιο ζημιών δίνονται:

Συχνότητα ζημιάς (\$10 ⁵)	Πιθανότητα
1	30%
2	35%

5	15%
7	15%
14	2%
20	2.5%
25	0.5%

Η ουρά της κατανομής παρουσιάζεται μέσω του παραπάνω πίνακα. Η χειρότερη απώλεια \$25 θα συμβεί με πιθανότητα 0.5%. Η απώλεια των \$20 θα προκύψει με πιθανότητα 2.5% κλπ.

Θα βρούμε το ES για $\alpha=95\%$ και $\alpha=99\%$.

Για $\alpha=0.95$

$$ES_{0.95} = \frac{14 \cdot 0.02 + 20 \cdot 0.025 + 25 \cdot 0.005}{0,05} = 18,1$$

Για $\alpha=0.99$

$$ES_{0.99} = \frac{25 \cdot 0,005 + 20 \cdot 0,005}{0,01} = 22,5$$

Το ES υπολογίζεται δηλαδή ως σταθμισμένος μέσος όρος του συνόλου των ζημιών πέρα από το VaR.

Παράδειγμα 2 Δίνονται:

Κατανομή Συχνοτήτων Ζημιών		Κατανομή Μεγέθους Ζημιών	
Συχνότητα	Πιθανότητα	Συχνότητα	Πιθανότητα
		\$1000	45%
0	60%	\$5000	25%
1	30%	\$50000	20%
2	10%	\$100000	10%

Αναζητάμε το ES για $\alpha=0.99\%$ των συνολικών ζημιών.

Η πιθανότητα να συμβεί μια ζημιά είναι 30%. Η πιθανότητα να συμβούν 2 ζημιές είναι 10%. Η πιθανότητα να μην συμβεί ζημιά 60%.

Για κάθε περίπτωση που θα συμβεί ζημιά υπάρχουν 4 πιθανά αποτελέσματα απώλειας:

\$100000 απώλεια με πιθανότητα 10%

\$50000 απώλεια με πιθανότητα 20%

\$5000 απώλεια με πιθανότητα 25%

\$1000 απώλεια με πιθανότητα 45%

Για να βρούμε το $ES_{0,99}$ των συνολικών ζημιών θα συνδυάσουμε την κατανομή συχνότητας με την κατανομή μεγέθους των ζημιών:

$$ES_{0,99} = \frac{(2 \cdot 0,1)(0,1 \cdot 100000)}{0,01} = 200000$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Γενικευμένες Κατανομές για την περιγραφή Λειτουργικών Κινδύνων

4.1 Εισαγωγή

Το γεγονός ότι μια κατανομή προσεγγίζει καλύτερα τα δεδομένα που έχουμε στη διαθεσή μας, δεν σημαίνει ότι αποτελεί τον καλύτερο τρόπο ανάλυσης και αυτό διότι πιθανώς να μην εκτιμά επαρκώς τα δεδομένα στην ουρά της κατανομής, δηλαδή τα γεγονότα ή τις ζημιές με μεγάλο μέγεθος. Μια πολύ σημαντική παράμετρος στη μελέτη και την ανάλυση των λειτουργικών ζημιών είναι να υπάρχει κατάλληλη εκτίμηση των δεδομένων στις άκρες της κατανομής ώστε να μην υποεκτιμώνται ή υπερεκτιμώνται οι συνολικές απώλειες.

Η θεωρία Ακραίων Τιμών (Extreme Value Theory-EVT) αποτελεί κατάλληλο εργαλείο για την ανάλυση σπάνιων συμβάντων και δίνει λύσεις στο πρόβλημα υποεκτίμησης ή υπερεκτίμησης κατανομής των συνολικών ζημιών. Η Θεωρία Ακραίων Τιμών προσφέρει αποτελεσματικές μεθόδους για την εκτίμηση συνολικών ζημιών που αφορούν το Λειτουργικό Κίνδυνο. Με την EVT πραγματοποιείται ανάλυση κυρίως δεδομένων χαμηλής συχνότητας και μεγάλου μεγέθους. Τέτοιου είδους γεγονότα παρότι είναι πιο σπάνια να συμβούν, θέλουν ιδιαίτερη προσοχή και αντιμετώπιση.

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν γενικευμένες κατανομές που αφορούν την EVT και θα παρουσιαστεί η μέθοδος εκτίμησης των παραμέτρων αυτών των κατανομών.

4.2 Θεωρία Ακραίων Τιμών

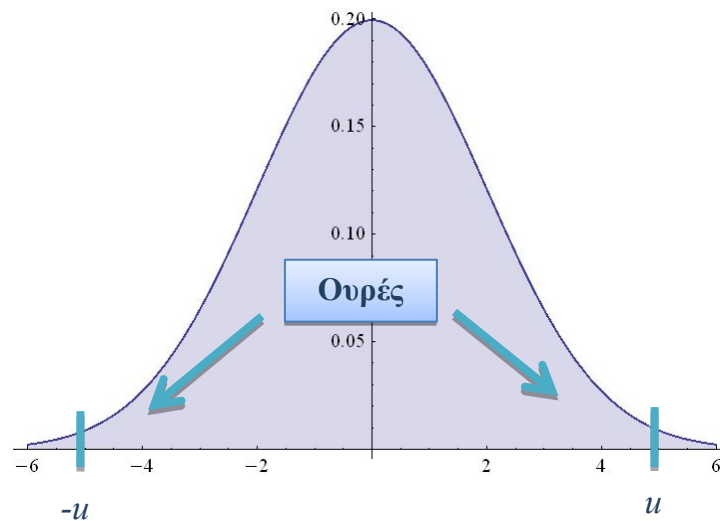
Η Θεωρία Ακραίων Τιμών είναι ένας κλάδος της στατιστικής που ασχολείται με τη μελέτη ακραίων γεγονότων που βρίσκονται στην ουρά της κατανομής, δηλαδή αφορά τυχαίες μεταβλητές που έχουν την τάση να παίρνουν πολύ μεγάλες τιμές είτε πολύ μικρές τιμές συνήθως με μικρή συχνότητα).

Μια κατανομή ζημιών αποτελείται από δύο μέρη, από το σώμα και την ουρά της

κατανομής. Απώλειες κάτω από ένα ορισμένο όριο u είναι το σώμα της κατανομής και οι ζημιές πάνω από το όριο είναι η ουρά της κατανομής όπως αναπαριστάται στο ακόλουθο σχήμα.

Η ουρά της κατανομής μεγέθους ζημιών είναι πρωταρχικής σημασίας διότι οι ακραίες απώλειες που βρίσκονται εκεί παίζουν καθοριστικό ρόλο στον υπολογισμό του κεφαλαίου για το Λειτουργικό Κίνδυνο.

Διάγραμμα 4.2.1 Σχηματική απεικόνιση σώματος και ουράς κατανομής



Υπάρχουν δύο μέθοδοι για να ορίσουμε την ακραία συμπεριφορά μιας τυχαίας μεταβλητής:

1. Η μέθοδος Block Maxima (BM)
2. Η μέθοδος Peaks Over Threshold (POT)

Στην πρώτη περίπτωση οι απώλειες (ζημιές) μπορούν να χωριστούν σε μη επικαλυπτόμενες περιόδους (blocks) ορισμένου χρόνου, και τα σημεία ενδιαφέροντος είναι οι μεγαλύτερες παρατηρήσεις από κάθε περίοδο. Αυτές οι μεγαλύτερες παρατηρήσεις αναφέρονται ως Block Maxima.

Στη δεύτερη περίπτωση οι απώλειες που έχουν ενδιαφέρον είναι οι απώλειες πάνω από ένα συγκεκριμένο όριο δηλαδή οι ακραίες τιμές ορίζονται σε σχέση με το εάν υπερέρχουν κάποιου ορίου. Αυτό αναφέρεται ως προσέγγιση POT, δηλαδή οι κορυφές πάνω από το όριο (κατώφλι). Συνήθως αυτή η περίπτωση προτιμάται όταν τα δεδομένα δεν έχουν σαφή εποχικότητα, όπως στην περίπτωση του Λειτουργικού Κινδύνου.

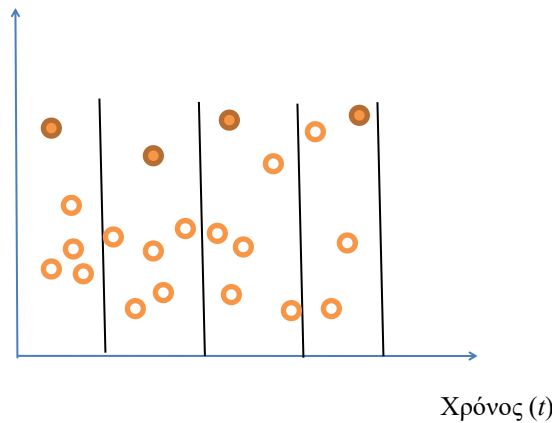
Οι δυο αυτές προσεγγίσεις στηρίζονται σε δυο δημοφιλείς οικογένειες κατανομών:

- i. Η BM βασίζεται στη Γενικευμένη Κατανομή Ακραίων Τιμών (Generalised Extreme Value-GEVdistribution), η οποία αποτελεί την πιο κατάλληλη κατανομή για την ανάλυση δεδομένων υψηλού μεγέθους (επίδρασης).

Σ' αυτή την περίπτωση υποθέτουμε χρονοσειρές δεδομένων λειτουργικού κινδύνου χωρισμένες σε ανεξάρτητα blocks του ίδιου μεγέθους. Το μοντέλο BM εστιάζει στην κατανομή από τα μεγαλύτερου μεγέθους γεγονότα που λαμβάνονται από κάθε block.

Διάγραμμα 4.2.2α Απεικόνιση προσέγγισης Block Maxima

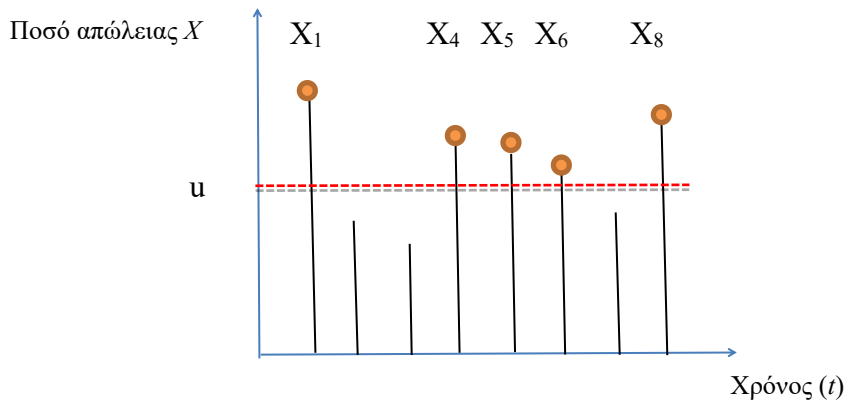
Ποσό απώλειας X



Στο παραπάνω διάγραμμα οι παρατηρήσεις που αποτελούν BM συμβολίζονται με συμπαγή κύκλο σε κάθε περίοδο.

- ii. Η POT βασίζεται στη Γενικευμένη Κατανομή Pareto (Generalised Pareto Distribution-GPD distribution), η οποία είναι η κατανομή δεδομένων που υπερβαίνουν ένα υψηλό κατώφλι (όριο).

Διάγραμμα 4.2.2β Απεικόνιση προσέγγισης POT



Στο παραπάνω διάγραμμα τα σημεία που υπερβαίνουν το κατώφλι μ αποτελούν τα ακραία φαινόμενα, δηλαδή οι παρατηρήσεις X_1, X_4, X_5, X_6, X_8 .

4.3 Γενικευμένη Κατανομή Ακραίων Τιμών

Η Γενικευμένη Κατανομή Ακραίων Τιμών είναι μια οικογένεια συνεχών κατανομών. Μας παρέχει το στατιστικό πλαίσιο για να εξάγουμε συμπεράσματα, σχετικά με ακραία γεγονότα. Είναι ένα ευέλικτο μοντέλο που συνδυάζει τις κατανομές Gumbel, Fréchet, Weibull σε μια ενιαία οικογένεια.

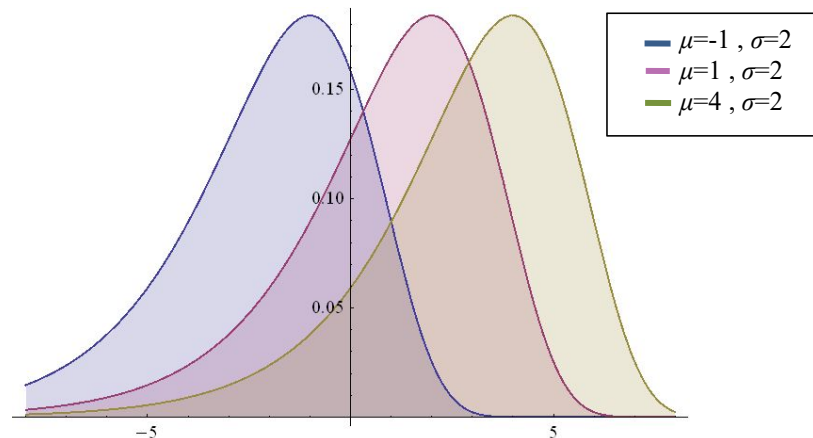
α. Κατανομή Gumbel

Ένας από τους πρώτους επιστήμονες που εφάρμοσαν τη Θεωρία Ακραίων Τιμών ήταν ο Emil Gumbel (1891-1966). Εστίασε κατά κύριο λόγο στις εφαρμογές της θεωρίας ακραίων τιμών σε προβλήματα μηχανικής ιδιαίτερα για το κλίμα και την υδρολογία. Η κατανομή Gumbel πήρε το όνομά της από τον ίδιο ανάγνωρίζοντας την προσφορά του στην περιοχή της EVD. Η κατανομή Gumbel έγινε γνωστή ως η Extreme Value Τύπου I κατανομή και έχει την ακόλουθη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma} e^{-(z+e^{-z})} \text{ , όπου } z = \frac{x-\mu}{\sigma}, \sigma > 0, x \in (-\infty, +\infty)$$

Οι παράμετροι μ και σ που εμφανίζονται στον παραπάνω τύπο είναι η παράμετρος θέσης και η παράμετρος κλίμακας αντίστοιχα.

Διάγραμμα 4.3.1 Γραφική παράσταση της κατανομής Gumbel για διάφορες τιμές των παραμέτρων μ, σ



β. Κατανομή Fréchet

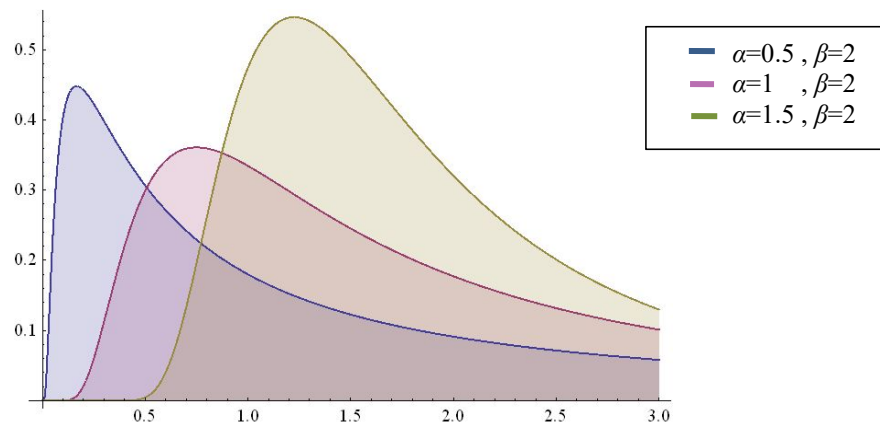
Ο Maurice Fréchet (1878-1973) ήταν ένας Γάλλος Μαθηματικός που είχε εντοπίσει ένα πιθανό όριο κατανομής. Είχε κάνει πολλές συνεισφορές στον τομέα της στατιστικής και των πιθανοτήτων.

Η κατανομή Fréchet είναι γνωστή ως η κατανομή Extreme Value Τύπου II και ορίζεται ως ακολούθως:

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{\beta}{x}\right)^{\alpha+1} e^{-\left(\frac{\beta}{x}\right)^\alpha}, \alpha > 0, \beta > 0, x > 0$$

Όπου α και β είναι η παράμετρος σχήματος και η παράμετρος κλίμακας αντίστοιχα.

Διάγραμμα 4.3.2 Γραφική παράσταση της κατανομής Fréchet για διάφορες τιμές των παραμέτρων α και β



Η παραπάνω γραφική παράσταση αντιστοιχεί στις διαφορετικές τιμές 0.5, 1, 1.5 για την παράμετρο α και 2 για την παράμετρο β και για τις τρεις καμπύλες.

γ. Κατανομή Weibull

Η κατανομή Weibull έχει πάρει το όνομά της από τον Waloddi Weibull (1887-1979). Ο Waloddi Weibull έναν Σουηδό μηχανικό και επιστήμονα γνωστό για την πρωτοποριακή εργασία στη θεωρία αξιοπιστίας.

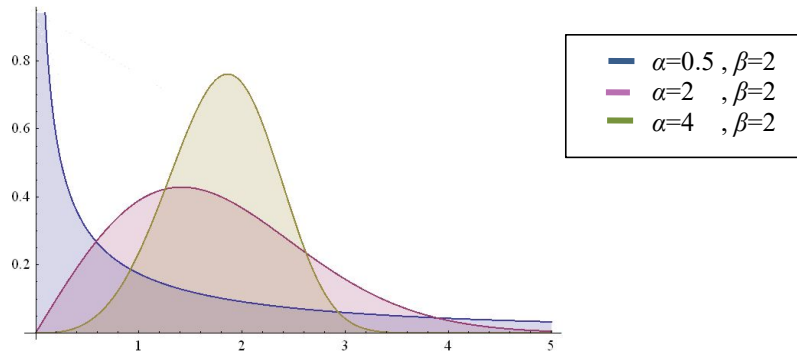
Η κατανομή Weibull είναι επίσης γνωστή ως κατανομή Extreme Value Τύπου III και εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1939.

Η κατανομή αυτή έχει δυο παραμέτρους και έχει τη μορφή:

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha}, \quad x > 0, \alpha > 0, \beta > 0$$

όπου α είναι η παράμετρος σχήματος και β η παράμετρος κλίμακας αντίστοιχα.

Διάγραμμα 4.3.3α Γραφική παράσταση της κατανομής Weibull για διάφορες τιμές των παραμέτρων α και β



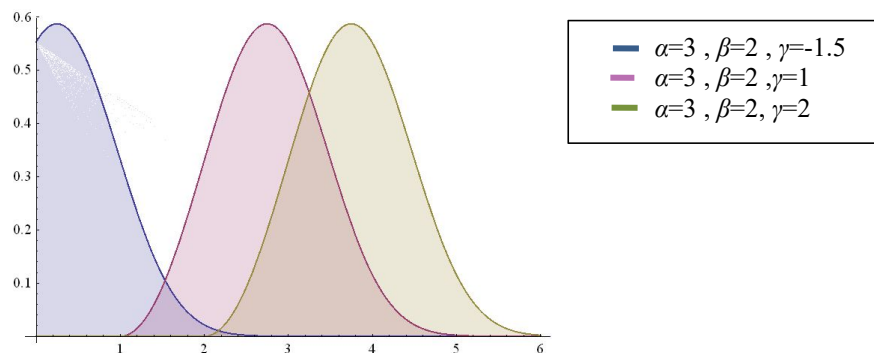
Οι καμπύλες της παραπάνω γραφικής παράστασης αντιστοιχούν σε διαφορετικές τιμές $\alpha = 0.5, 2, 4$ και ίδια $\beta = 2$.

Η προηγούμενη κατανομή μπορεί να γενικευτεί με την προσθήκη της παραμέτρου θέσης γ οπότε λαμβάνει τη μορφή:

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^\alpha}, \quad \text{για } x > \gamma.$$

Σ' αυτό το μοντέλο η παράμετρος θέσης γ μπορεί να πάρει οποιαδήποτε πραγματική τιμή.

Διάγραμμα 4.3.3 β Γραφική παράσταση της κατανομής Weibull με την προσθήκη της παραμέτρου θέσης γ



Στην παραπάνω γραφική παράσταση οι καμπύλες έχουν διαφορετικά $\gamma = -1.5, 1, 2$ και ίδια α και β ίσα με 3 και 2 αντίστοιχα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι κατανομές Gumbel και Fréchet που περιγράφονται παραπάνω προκύπτουν ως οριακές κατανομές της μέγιστης παρατήρησης ενός δείγματος ανεξάρτητων και ισόνομων τ.μ, ενώ η κατανομή Weibull προκύπτει ως η οριακή κατανομή της ελάχιστης παρατήρησης.

Η GEV παραμετροποιείται με τις εξής τρεις παραμέτρους:

- Την παράμετρο θέσης (μ) η οποία μας πληροφορεί για το κέντρο της κατανομής με τις μεγάλες τιμές να υποδηλώνουν μεγάλες ζημιές και αντίστροφα.
- Την παράμετρο κλίμακας (σ) η οποία μας πληροφορεί για το πόσο “απλωμένη” είναι η κατανομή. Μεγάλες τιμές του σ σημαίνουν μεγάλη απόκλιση από τον μέσο, δηλαδή από την παράμετρο θέσης μ .
- Την παράμετρο σχήματος (ξ) η οποία διαμορφώνει το πάχος της ουράς. Η παράμετρος αυτή θα λέγαμε ότι αποτελεί την πιο σημαντική παράμετρο καθώς μας πληροφορεί το πόσο βαριά είναι η ουρά. Μεγάλες τιμές της παραμέτρου αυτής δηλώνουν βαριά ουρά δηλαδή η κατανομή δηλώνει ότι οι πιθανότητες να υποστούμε πολύ μεγάλες ζημιές είναι μεγαλύτερες από ότι σε μια κατανομή με λεπτή ουρά (π.χ. Κανονική κατανομή).

Η αθροιστική κατανομή της GEV δίνεται από τον τύπο :

$$F(x; \mu, \sigma, \xi) = e^{-[1+\xi(\frac{x-\mu}{\sigma})]^{\frac{1}{\xi}}}, \quad \xi \frac{x-\mu}{\sigma} > 0.$$

Για την παράμετρο σχήματος σ ισχύει ότι $\sigma > 0$ ενώ η παράμετρος σχήματος ξ και η παράμετρος θέσης μ μπορεί να έχει οποιαδήποτε πραγματική τιμή.

Παραγωγίζοντας την $F(x; \mu, \sigma, \xi)$ προκύπτει εύκολα η συνάρτηση πυκνότητας θα δίνεται από τον τύπο:

$$f(x; \mu, \sigma, \xi) = \frac{1}{\sigma} t(x)^{\xi+1} e^{-t(x)}$$

όπου,

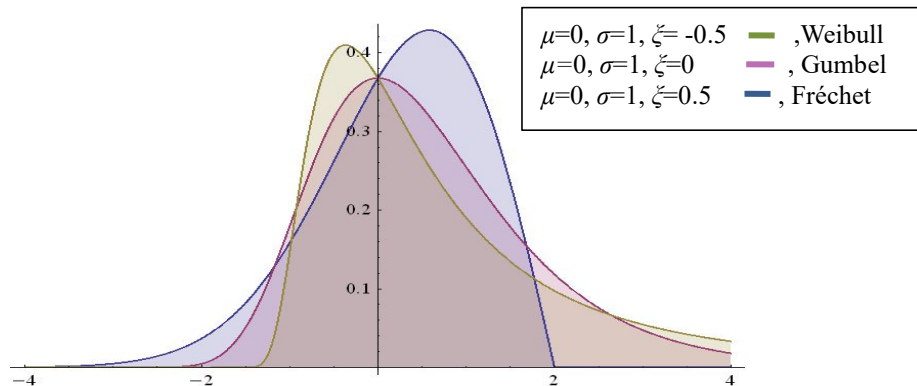
$$t(x) = \begin{cases} \left(1 + \zeta \frac{x - \mu}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{\zeta}}, & \text{όταν } \zeta \neq 0 \\ e^{-\frac{x - \mu}{\sigma}}, & \text{όταν } \zeta = 0 \end{cases}$$

Σημειώνεται ότι:

- Αν $\zeta=0$ τότε η GEV αντιστοιχεί σε μια κατανομή Gumbel.
- Αν $\zeta>0$ τότε η GEV αντιστοιχεί σε μια κατανομή Fréchet.
- Αν $\zeta<0$ τότε η GEV αντιστοιχεί σε μια κατανομή αντίστροφη Weibull.

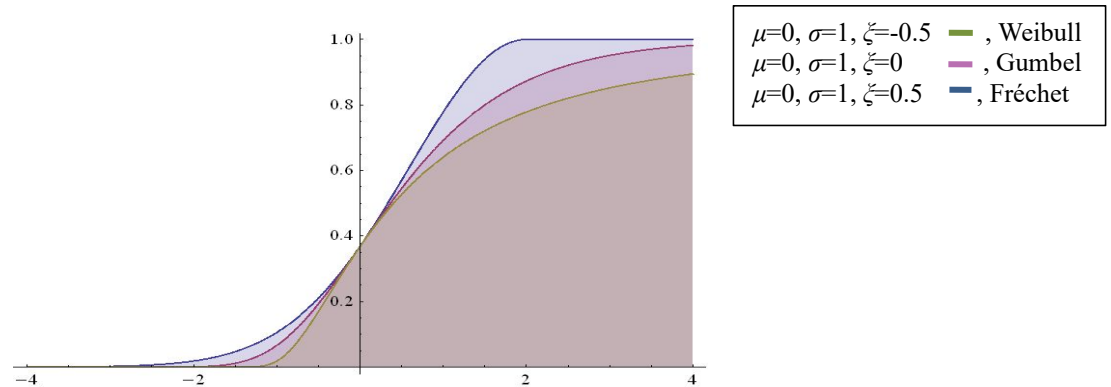
Το πρόσημο της παραμέτρου σχήματος ζ , θα δείχνει συνήθως ποιά απο τα τρία μοντέλα περιγράφει καλύτερα τα δεδομένα.

Διάγραμμα 4.3.4 α Γραφική παράσταση της συνάρτησης πιθανότητας της Γενικευμένης Κατανομής Ακραίων τιμών



Η παραπάνω γραφική παράσταση αντιστοιχεί σε $\mu=0$, $\sigma=1$ και σε διαφορετικές τιμές για την παράμετρο ζ -0.5, 0, 0.5 αντίστοιχα

Διάγραμμα 4.3.4 β Γραφική παράσταση της αθροιστικής συνάρτησης πιθανότητας της Γενικευμένης Κατανομής Ακραίων Τιμών



Από τις παραπάνω γραφικές παραστάσεις γίνεται αντιληπτό ότι η Weibull κατανομή είναι μια κατανομή με λεπτή σχετικά ουρά σε αντίθεση με την Gumbel και τη Fréchet. Μάλιστα η ουρά της Fréchet είναι πιο βαριά (παχιά) από της Gumbel. Θα μπορούσαμε λοιπόν να χαρακτηρίσουμε την κατανομή Fréchet πιο χρήσιμη για τη μοντελοποίηση και την περιγραφή λειτουργικών κινδύνων λόγω του ότι έχει βαριά ουρά.

Για να μοντελοποιήσουμε το λειτουργικό κίνδυνο χρησιμοποιώντας την γενικευμένη κατανομή ακραίων τιμών θα πρέπει να εκτιμήσουμε τις παραμέτρους. Με άλλα λόγια να βρούμε τους εκτιμητές και για τις τρεις παραμέτρους μ , σ , ζ . Η πιο δημοφιλής μέθοδος εκτίμησης παραμέτρων είναι η μέθοδος μεγίστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood), την οποία και θα παρουσιάσουμε στην επόμενη Ενότητα 4.4.

4.4 Εκτίμηση των παραμέτρων της Γενικευμένης Κατανομής Ακραίων Τιμών

Η πιο δημοφιλής μέθοδος εκτίμησης των παραμέτρων είναι η μέθοδος μεγίστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood). Σ' αυτή τη μέθοδο θα στηριχτούμε για να βρούμε τους εκτιμητές $\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\zeta}$.

Έστω X_1, X_2, \dots, X_k ένα τ.δ. από την GEV. Τα X_i θα συμβολίζουν συνήθως το ύψος της i -στης ζημιάς για ένα χαρτοφυλάκιο ή οργανισμό στον οποίο παρουσιάστηκαν k ζημιές.

Η πιθανοφάνεια των X_i είναι ίση με

$$L(\mu, \xi, \sigma) = \prod_{i=1}^k f(x_i; \mu, \sigma, \xi)$$

οπότε

$$\ln(L(\mu, \xi, \sigma)) = \sum_{i=1}^k \ln(f(x_i; \mu, \sigma, \xi)).$$

Η αναλυτική μορφή της $\ln(L(\theta))$ από την έκφραση (βλ. MCNeil et al.(2005))

$$\ln(L(\mu, \sigma, \xi)) = -k \ln(\sigma) - (1 + \xi \frac{x_i - \mu}{\sigma}) - \sum_{i=1}^k (1 + \xi \frac{x_i - \mu}{\sigma})^{-\frac{1}{\xi}}$$

όπου k ο αριθμός των ζημιών που έχουμε στη διάθεσή μας.

Η συνάρτηση πρέπει να μεγιστοποιηθεί με τον περιορισμό $1 + \xi \frac{x_i - \mu}{\sigma} > 0$, για $i=1, \dots, k$.

Αν η συνθήκη αυτή παραβιαστεί τότε η πιθανοφάνεια είναι μηδενική και κατ'έπекταση η λογαριθμική πιθανοφάνεια απειρίζεται.

Η παραπάνω λογαριθμική συνάρτηση μεγιστοποιείται στα σημεία που μηδενίζεται η πρώτη μερική παράγωγός της ως προς τις παραμέτρους μ, σ, ξ . Με την παραγωγήση λοιπόν ως προς όλες τις παραμέτρους και στη συνέχεια εξισώνοντας αυτές με το μηδέν προκύπτουν οι εκτιμητές $\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\xi}$ που μεγιστοποιούν την πιθανοφάνεια.

Για $\xi=0$ η λογαριθμική πιθανοφάνεια γίνεται:

$$\ln(L(\mu, \sigma, 0)) = -k \ln(\sigma) - \sum_{i=1}^k \frac{x_i - \mu}{\sigma} - \sum_{i=1}^k e^{-\frac{x_i - \mu}{\sigma}}$$

Αναλυτικές εκφράσεις για τους εκτιμητές μεγίστης πιθανοφάνειας δεν υπάρχουν. Αν όμως έχουμε ένα τυχαίο δείγμα x_1, x_2, \dots, x_k μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αριθμητικές μεθόδους βελτιστοποίησης (π.χ. Newton Rapson) για την εύρεση των εκτιμητών.

Μια σημαντική παρατήρηση για τους εκτιμητές $\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\xi}$ είναι ότι ασυμπτωτικά ακολουθούν μια τρισδιάστατη κανονική κατανομή με μέση τιμή $(\mu, \sigma, \xi)^T$ και πίνακα διασποράς τον αντίστροφο του πίνακα πληροφορίας ο οποίος εκτιμάται από τον:

$$\hat{I} = - \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 l}{\partial \mu^2}(\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\xi}) & \frac{\partial^2 l}{\partial \mu \partial \sigma}(\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\xi}) & \frac{\partial^2 l}{\partial \mu \partial \xi}(\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\xi}) \\ \frac{\partial^2 l}{\partial \sigma \partial \mu}(\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\xi}) & \frac{\partial^2 l}{\partial \sigma^2}(\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\xi}) & \frac{\partial^2 l}{\partial \sigma \partial \xi}(\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\xi}) \\ \frac{\partial^2 l}{\partial \xi \partial \mu}(\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\xi}) & \frac{\partial^2 l}{\partial \xi \partial \sigma}(\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\xi}) & \frac{\partial^2 l}{\partial \xi^2}(\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\xi}) \end{pmatrix}$$

όπου $l = \ln L()$.

Αν $S_{i,i}$ είναι το i -διαγώνιο στοιχείο του \hat{I}^{-1} θα ισχύει ότι:

$$\hat{\mu} \sim N(\mu, s_{1,1}), \hat{\sigma} \sim N(\mu, s_{2,2}), \hat{\xi} \sim N(\mu, s_{3,3})$$

Για να έχει νόημα η εκτίμηση των παραμέτρων μ, σ, ξ θα πρέπει προηγουμένως να έχουμε εξάγει το συμπέρασμα ότι οι μέγιστες ζημιές (block maxima) κάθε περιόδου προσαρμόζονται ικανοποιητικά στη GEV. Ο έλεγχος αυτός μπορεί να γίνει μέσω γραφημάτων Q-Q Plots ή P-P Plots των μέγιστων ζημιών. Για να συμπεράνουμε ότι οι μέγιστες ζημιές ακολουθούν μια κατανομή GEV, αρκεί τα σημεία του αντίστοιχου γραφήματος να βρίσκονται κοντά στη διαγώνιο.

4.5 Αξία σε κίνδυνο και αναμενόμενη υπό συνθήκη ζημιά μέσω της Γενικευμένης Κατανομής Ακραίων Τιμών

Αφού έχουμε εκτιμήσει τις παραμέτρους της κατανομής $\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\xi}$ και έχοντας κάνει έλεγχο καλής προσαρμογής των δεδομένων, το VaR για τη Γενικευμένη κατανομή Ακραίων Τιμών θα είναι ένα ποσοστημόριο της κατανομής. Η εκτίμηση του VaR δίνεται από:

$$\hat{VaR}_a = \begin{cases} \hat{\mu} - \frac{\hat{\sigma}}{\hat{\xi}} [1 - (-\ln(1-a))^{-\hat{\xi}}], & \text{όταν } \hat{\xi} \neq 0 \\ \hat{\mu} - \hat{\sigma} \ln[-\ln(1-a)] & \text{όταν } \hat{\xi} = 0 \end{cases}$$

όπου a είναι το επίπεδο εμπιστοσύνης, συνήθως 99% ή 95% και $\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\xi}$ οι εκτιμητές των παραμέτρων θέσης, κλίμακας και σχήματος της Γενικευμένης κατανομής Ακραίων Τιμών. Να υπενθυμίσουμε ότι η αξία σε κίνδυνο εκτιμάει τη μέγιστη ζημιά που μπορεί να υποστεί ένα χρηματοπιστωτικό ίδρυμα σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο (π.χ. ένα έτος), με συγκεκριμένη πιθανότητα π.χ. 99% ($\alpha=99\%$).

Η Αναμενόμενη υπό συνθήκη ζημιά (ES) εκτιμά ότι το δυνητικό μέγεθος της ζημίας που υπερβαίνει το VaR. Η εκτίμηση του ES υπολογίζεται ως:

$$\hat{ES}_a = E(X | X > VaR_a)$$

ή απο την έκφραση που ενσωματώνει το εκτιμώμενο VaR:

$$\hat{ES}_a = VaR_a + E(X - VaR_a | X > VaR_a)$$

Για τον υπολογισμό όμως του ES πρέπει να γνωρίζουμε την ακριβή υπερβάλλουσα κατανομή του μοντέλου, το οποίο είναι άγνωστο στη GEV. Έτσι, δεν υπάρχει εξίσωση έκφρασης για την εκτίμηση της ES, όπως για την εκτίμηση του VaR. Παρακάτω σε επόμενη ενότητα θα δούμε ότι για τη γενικευμένη κατανομή Pareto υπολογίζεται η αναμενόμενη υπό συνθήκη ζημιά και είναι γνώστη η υπερβάλλουσα κατανομή του μοντέλου.

Υπενθυμίζουμε ότι οι Artzner et al. (1999) υποστηρίζουν ότι το ES, σε αντίθεση με την τιμή VaR, είναι ένα συνεκτικό μέτρο κινδύνου.

4.6 Γενικευμένη Κατανομή Pareto

Η Γενικευμένη κατανομή Pareto (GPD) είναι μια οικογένεια συνεχών κατανομών. Εισήχθη από τον Pikands(1975) και χρησιμοποιείται για την μοντελοποίηση ακραίων ζημιών πάνω από ένα υψηλό όριο.

Χαρακτηρίζεται όπως και η GEV από τρεις παραμέτρους:

- Την παράμετρο θέσης (μ)
- Την παράμετρο κλίμακας (σ)
- Την παράμετρο σχήματος (ξ)

Η αθροιστική συνάρτηση κατανομής των X_1, X_2, \dots, X_k που υπερβαίνουν ένα όριο u είναι:

$$G(x; \mu, \sigma, \xi) = \begin{cases} 1 - (1 + \xi \frac{x - \mu}{\sigma})^{-\frac{1}{\xi}}, & \text{όταν } \xi \neq 0 \\ 1 - e^{-\frac{x - \mu}{\sigma}}, & \text{όταν } \xi = 0 \end{cases}$$

με τους περιορισμούς: $x \geq \mu$, όταν $\xi \geq 0$

$$\mu \leq x \leq \mu - \frac{\sigma}{\xi}, \quad \text{όταν } \xi < 0$$

και $\mu \in \mathfrak{R}, \sigma > 0$

Η αντίστοιχη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας είναι:

$$g(x; \mu, \sigma, \xi) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} \left(1 + \xi \frac{x - \mu}{\sigma}\right)^{-1 - \frac{1}{\xi}}, & \text{όταν } \xi \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma} e^{-\frac{x - \mu}{\sigma}}, & \text{όταν } \xi = 0 \end{cases}$$

Η μέση τιμή και η διακύμανση της GPD είναι:

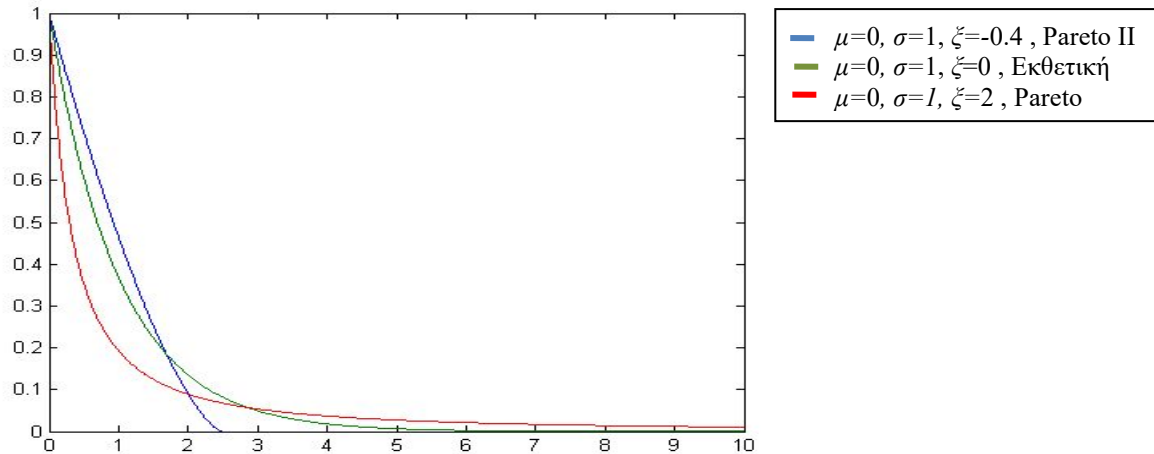
$$E(x) = \mu + \frac{\sigma}{1 - \xi}, \xi < 1 \quad \text{και} \quad Var(x) = \frac{\sigma^2}{(1 - \xi)^2 (1 - 2\xi)}, \xi < \frac{1}{2}$$

Αν $\xi \geq \frac{1}{2}$ η διακύμανση της GPD απειρίζεται.

Όπως και στη GEV που συναντήσαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο έτσι και στη GPD η παράμετρος σχήματος ξ καθορίζει τον ακριβή τύπο της GPD:

- Αν $\xi > 0$ έχουμε την κατανομή Pareto με παραμέτρους $\frac{1}{\xi}$ και $\frac{\sigma}{\xi}$
- Αν $\xi = 0$ έχουμε η GPD ισοδυναμεί με εκθετική κατανομή με μέση τιμή σ .
- Αν $\xi < 0$ έχουμε η GPD μας δίνει μια κατανομή Pareto II με λεπτή ουρά.

Διάγραμμα 4.6.1 Γραφική παράσταση της Γενικευμένης Κατανομής Pareto για διάφορες τιμές της παραμέτρου ζ



Η παραπάνω γραφική παράσταση αντιστοιχεί σε τιμές $\mu=0, \sigma=1$ και $\zeta=-0.4, 0, 2$.

4.7 Εκτίμηση των παραμέτρων της Γενικευμένης Κατανομής Pareto

Για να βρούμε τους εκτιμητές $\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\zeta}$ θα στηριχτούμε όπως και στην περίπτωση της Γενικευμένης Κατανομής Ακραίων Τιμών στη μέθοδο μεγίστης πιθανοφάνεια (maximum likelihood).

Αν θεωρήσουμε μια άγνωστη συνάρτηση κατανομής F μιας τυχαίας μεταβλητής X μας ενδιαφέρει να εκτιμήσουμε τη συνάρτηση κατανομής F_u της μεταβλητής X πάνω από ένα όριο u . Η συνάρτηση κατανομής F_u ονομάζεται υπερβάλλουσα συνάρτηση κατανομής και ως ορίζεται ως:

$$F_u(y) = P(X - u \leq y | X > u)$$

Η παραπάνω ποσότητα αντιπροσωπεύει την πιθανότητα μια απώλεια να υπερβαίνει το όριο u το πολύ κατά y , με την προϋπόθεση ότι η X υπερβαίνει το όριο u .

Ακόμη μπορεί να γραφεί και ως:

$$F_u(y) = \frac{F(u + y) - F(u)}{1 - F(u)} = \frac{F(x) - F(u)}{1 - F(u)}$$

Η $F_u(y)$ προσεγγίζεται από τη Γενικευμένη Κατανομή Pareto, δηλαδή ισχύει:

$$F_u(y) \approx G_{\sigma, \xi}(y) \text{ καθώς } u \rightarrow \infty$$

όπου,

$$G(y; \sigma, \xi) = \begin{cases} 1 - (1 + \xi \frac{y}{\sigma})^{-\frac{1}{\xi}}, & \text{όταν } \xi \neq 0 \\ 1 - e^{-\frac{y}{\sigma}}, & \text{όταν } \xi = 0 \end{cases}$$

με τους περιορισμούς: $\sigma > 0, y \geq 0$ όταν $\xi \geq 0$

$$0 \leq y \leq -\frac{\sigma}{\xi} \text{ όταν } \xi < 0$$

η οποία ονομάζεται υπερβάλλουσα Γενικευμένη Κατανομή Pareto, δεδομένου ότι το y εκφράζει τις υπερβάσεις.

Η αντίστοιχη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της υπερβάλλουσας Γενικευμένης Κατανομής Pareto δίνεται από τον τύπο:

$$g(y; \sigma, \xi) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} (1 + \xi \frac{y}{\sigma})^{-\frac{1}{\xi}}, & \text{όταν } \xi \neq 0 \\ 1 - e^{-\frac{y}{\sigma}}, & \text{όταν } \xi = 0 \end{cases}$$

Η μέση τιμή της κατανομής αυτής είναι ίση με:

$$E(y) = \begin{cases} \frac{\sigma}{1 - \xi}, & \text{όταν } \xi < 1 \\ \infty, & \text{όταν } \xi \geq 1 \end{cases}$$

Στηριζόμενοι στον ορισμό της υπερβάλλουσας συνάρτησης κατανομής έχουμε:

$$F(x) = 1 - F(u)G(y; \sigma, \xi) + F(u) = [1 - F(u)] \left[1 - (1 + \xi \frac{x - u}{\sigma})^{-\frac{1}{\xi}} \right] + F(u)$$

Θεωρούμε ότι X_1, X_2, \dots, X_n είναι οι ζημιές που προέρχονται από την υπερβάλλουσα Γενικευμένη Κατανομή Pareto που αναφέραμε παραπάνω και n_u ο αριθμός των ζημιών που υπερβαίνουν το όριο u .

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο μεγίστης πιθανοφάνειας έχουμε ότι ο λογάριθμος της συνάρτησης πιθανοφάνειας είναι:

$$\ln(L(\sigma, \zeta)) = \sum_{i=1}^{n_u} \ln(f(Y_i; \sigma, \zeta))$$

και κατά συνέπεια

$$\ln(L(\sigma, \zeta)) = -n_u \ln(\sigma) - \left(1 + \frac{1}{\zeta}\right) \sum_{i=1}^{n_u} \ln\left(1 + \zeta \frac{x_i - u}{\sigma}\right)$$

Η συνάρτηση μεγιστοποιείται στα σημεία που μηδενίζεται η πρώτη παράγωγος με τους περιορισμούς $\sigma > 0$ και $1 + \zeta \frac{x_i}{\sigma} > 0$ για $i=1, \dots, n$, σε αντίθετη περίπτωση $\ln(L(\sigma, \zeta)) = -\infty$.

4.8 Επιλογή κατάλληλου ορίου για τη Γενικευμένη Κατανομή Pareto

Η επιλογή κατάλληλου ορίου u είναι ιδιαίτερα σημαντική και επιτυγχάνεται με τη χρήση της μέσης υπερβάλλουσας συνάρτησης (MEF). Η MEF εκφράζει τον μέσο της υπερβάλλουσας κατανομής πάνω από το όριο u ως συνάρτηση του ορίου u (McNeil et al (2005)).

Για μια τυχαία μεταβλητή X , η μέση υπερβάλλουσα συνάρτηση ορίζεται ως:

$$MEF(u) = E(X - u | X > u)$$

δηλαδή, εκφράζει το μέσο όρο των υπερβάσεων πάνω από ένα όριο u .

Κάνοντας χρήση της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας της υπερβάλλουσας Γενικευμένης Κατανομής Pareto που είδαμε στην προηγούμενη ενότητα, αποδεικνύεται ότι η MEF ισούται:

$$E(X - u | X > u) = \frac{\int_u^{\infty} (x - u) \frac{1}{\sigma} \left(1 + \zeta \frac{x}{\sigma}\right)^{-1 - \frac{1}{\zeta}} dx}{\int_u^{\infty} \frac{1}{\sigma} \left(1 + \zeta \frac{x}{\sigma}\right)^{-1 + \frac{1}{\zeta}} dx}.$$

Έστω

$$y = 1 + \zeta \frac{x}{\sigma} \text{ έτσι } \frac{dy}{\zeta} = \frac{dx}{\sigma} \text{ και } x = -\frac{\sigma}{\zeta} + \frac{\sigma y}{\zeta}.$$

Έστω ακόμη

$$w = 1 + \zeta \frac{u}{\sigma} \text{ ττότ}$$

προκύπτει ότι

$$\text{Έπεται ότι: } E(X - u | X > u) = \frac{\int_w^\infty \left(\sigma \frac{y}{\zeta} - \frac{\sigma}{\zeta} - u \right) \frac{1}{\zeta} y^{-1-\frac{1}{\zeta}} dy}{\int_w^\infty \frac{1}{\zeta} y^{-1-\frac{1}{\zeta}} dy} = \frac{\sigma}{\zeta} \frac{\int_w^\infty y^{-\frac{1}{\zeta}} dy}{\int_w^\infty y^{-1-\frac{1}{\zeta}} dy} - u - \frac{\sigma}{\zeta} =$$

$$= \frac{\sigma}{\zeta} \left[\frac{1 - \frac{1}{\zeta}}{y} \right]_w^\infty - \frac{\sigma}{\zeta} - u = \frac{\sigma w}{\zeta(1-\zeta)} - \frac{\sigma}{\zeta} - u = \frac{\sigma}{\zeta(1-\zeta)} \left(1 + \frac{\zeta u}{\sigma} \right) - u - \frac{\sigma}{\zeta} = \frac{\sigma}{1-\zeta} + \frac{\zeta u}{1-\zeta} = \frac{\sigma + \zeta u}{1-\zeta}$$

Επομένως η MEF δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$MEF(u) = E(X - u | X > u) = \frac{\sigma + \zeta u}{1 - \zeta}$$

με τους περιορισμούς:

$$0 \leq u < \infty, \text{ όταν } 0 \leq \zeta < 1, \text{ και } 0 \leq u \leq -\frac{\beta}{\zeta}, \text{ όταν } \zeta < 0$$

Από την τελευταία σχέση είναι εμφανές και σαφές ότι για τη Γενικευμένη Κατανομή Pareto η MEF είναι γραμμική. Ο εμπειρικός κανόνας είναι να διαλέγουμε το όριου u έτσι ώστε να μας δίνει μια γραμμική σχέση μεταξύ της MEF και του ορίου u . Πιο συγκεκριμένα, αποδεικνύεται ότι η δεσμευμένη κατανομή του $X-u$ δοθέντος ότι $X > u$

ακολουθεί μια GPD αν, και μόνο αν, η MEF είναι γραμμική στο u Coles (2001).

Μια εύχρηστη τεχνική εύρεσης κατάλληλου ορίου u είναι μέσω του διαγράμματος της μέσης υπέρβασης. Το γραφικό αυτό εργαλείο στηρίζεται στη συνάρτηση της δειγματικής μέσης υπέρβασης (SMEF) (Davinson and Smith, 1990) και ορίζεται ως:

$$SMEF(u) = \frac{\sum_{i \leq n} x_i - u_{\{x_i > u\}}}{\sum_{i \leq n} I_{\{x_i > u\}}},$$

όπου n είναι το μέγεθος του δείγματος. Δηλαδή το άθροισμα των υπερβάσεων άνω του ορίου u διαιρεμένο από τον αριθμό των δεδομένων που υπερβαίνουν το ίδιο όριο u . Η SMEF αποτελεί μια εκτίμηση της συνάρτησης της MEF, η οποία περιγράφει την αναμενόμενη υπέρβαση του ορίου μόλις συμβαίνει μια υπέρβαση. Το όριο u πρέπει να είναι αρκετά υψηλό αλλά παράλληλα να αφήνει αρκετές παρατηρήσεις πέρα από αυτό.

Μπορεί να αποδειχθεί (Embrechts et al., 1997) ότι, εάν το διάγραμμα δείχνει μια πτωτική τάση (αρνητική κλίση), αυτό είναι ένα σημάδι ότι τα δεδομένα προέρχονται από μια κατανομή με ελαφριά ουρά. Αντίθετα, δεδομένα από μια κατανομή με βαριά ουρά, θα δείχνουν μια ανοδική τάση (θετική κλίση). Ειδικότερα, αν το διάγραμμα δείχνει μια θετική κλίση πάνω από ένα ορισμένο όριο u , είναι μια ένδειξη ότι τα δεδομένα ακολουθούν μια GPD με θετική παράμετρο σχήματος ξ . Εκθετικά κατανομημένα δεδομένα, θα έδειχναν ένα διάγραμμα με περίπου οριζόντια γραμμή.

4.9 Αξία σε κίνδυνο και αναμενόμενη υπό συνθήκη ζημιά μέσω της Γενικευμένης Κατανομής Pareto

Στην ενότητα 4.7 στηριζόμενοι στον ορισμό της υπερβάλλουσας συνάρτησης κατανομής είδαμε ότι:

$$F(x) = 1 - F(u)G(y; \sigma, \xi) + F(u) = [1 - F(u)] \left[1 - \left(1 + \xi \frac{x - u}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{\xi}} \right] + F(u), \quad x > u$$

Στην παραπάνω σχέση το στοιχείο που απαιτείται για την ολοκλήρωση της έκφρασης της $F(x)$ είναι η $F(u)$.

Ο εμπειρικός εκτιμητής της $F(x)$ είναι $F_n(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{\{x_i \leq x\}}$ δηλαδή ο αριθμός των παρατηρήσεων που είναι μικρότερες ή ίσες με x διαιρεμένες με τον συνολικό αριθμό των παρατηρήσεων n .

Θέτοντας όπου x το όριο u παίρνουμε ότι :

$$F_n(u) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{\{x_i \leq u\}} = \frac{n - n_u}{n}$$

όπου n : αριθμός των παρατηρήσεων, n_u : αριθμός των παρατηρήσεων που υπερβαίνουν το όριο u .

Έτσι, η $F(x)$ μπορεί λοιπόν να εκφραστεί πλήρως ως ακολούθως:

$$F(x) = \frac{n}{n_u} \left[1 - \left(1 + \xi \frac{x-u}{\sigma} \right)^{-\frac{1}{\xi}} \right] + \left(1 - \frac{n_u}{n} \right)$$

Έπειτα απο απλοποίηση η παραπάνω σχέση μπορεί να εκφραστεί και ως:

$$F(x) = 1 - \frac{n_u}{n} \left[1 - \left(1 + \xi \frac{x-u}{\sigma} \right)^{-\frac{1}{\xi}} \right]$$

Η τελευταία σχέση ορίζεται ως η εκτίμηση της συνάρτησης κατανομής της ουράς της $F(x)$ και ισχύει για $x > u$.

Το VaR για τη GPD προκύπτει ως η αντίστροφη συνάρτηση της F :

$$VaR_\alpha = F^{-1}(1 - \alpha)$$

Η εκτίμηση της $F(x)$ όπως αναφέραμε παραπάνω είναι:

$$\hat{F}(x) = 1 - \frac{n_u}{n} \left(1 + \hat{\xi} \frac{(x-u)}{\hat{\sigma}} \right)^{-\frac{1}{\hat{\xi}}}$$

Επομένως η εκτίμηση του VaR προκύπτει λύνοντας την παραπάνω σχέση ως προς x :

$$\hat{VaR}_a = u + \frac{\hat{\sigma}}{\hat{\xi}} \left(\left(\frac{n}{n_u} \cdot (1-a) \right)^{-\hat{\xi}} - 1 \right)$$

Η αναμενόμενη υπο συνθήκη ζημιά(ES) είναι αναμενόμενο μέγεθος της απώλειας που έχει ξεπεράσει το VaR.

Δηλαδή,

$$ES_a = E(X|X > VaR_a) = VaR_a + E(X - VaR_a | X > VaR_a)$$

Η εκτίμηση της αναμενόμενης υπό συνθήκης ζημιάς έχοντας υπολογίσει το VaR προκύπτει ως:

$$\hat{ES}_a = \hat{VaR}_a + E(X - \hat{VaR}_a | X > \hat{VaR}_a)$$

Για το \hat{VaR}_a είδαμε παραπάνω την έκφραση υπολογισμού. Για την ποσότητα $E(X - \hat{VaR}_a | X > \hat{VaR}_a)$ θα στηριχτούμε στην χρήση της μέσης υπερβάλλουσας συνάρτησης όπου μέσω αυτής εκφράζεται η μέση τιμή της κατανομής των ζημιών δοθέντος ότι οι ζημιές ξεπερνούν το όριο u . Σε προηγούμενη ενότητα είδαμε ότι η σχέση που μας δίνει τη μέση υπερβάλλουσα συνάρτηση για τη GPD είναι:

$$E(X - u | X > u) = \frac{\sigma + \xi u}{1 - \xi}, \sigma + \xi u > 0, \text{ υπο την προϋπόθεση ότι } \xi < 1.$$

Προσαρμόζοντας το Var στην παραπάνω σχέση έχουμε,

$$E(X - VaR_a | X > VaR_a) = \frac{\sigma + \xi(VaR_a - u)}{1 - \xi}$$

Έτσι η εκτίμηση για το ES προκύπτει ως:

$$\hat{ES}_a = \hat{VaR}_a + E(X - \hat{VaR}_a | X > \hat{VaR}_a) = \hat{VaR}_a + \frac{\hat{\sigma} + \hat{\xi}(\hat{VaR}_a - u)}{1 - \hat{\xi}} = \frac{\hat{VaR}_a}{1 - \hat{\xi}} + \frac{\hat{\sigma} - \hat{\xi}u}{1 - \hat{\xi}}, \hat{\xi} < 1$$

Στις περιπτώσεις όπου $\xi > 1$ ή $\xi \approx 1$ είναι φανερό ότι το μέτρο κινδύνου \hat{ES}_a για

τη GPD δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σωστά. Σε μια τέτοια περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα εναλλακτικό μέτρο το Median Shortfall, το οποίο στηρίζεται στη διάμεσο της υπερβάλλουσας συνάρτησης κατανομής της GPD που είδαμε σε προηγούμενη ενότητα. Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα του εναλλακτικού αυτού μέτρου είναι ότι, σε αντίθεση με το GPD_{ES} , αυτό ορίζεται, ανεξάρτητα από τις τιμές της παραμέτρου σχήματος ζ (Reiss and Thomas, 2001).

Πιο συγκεκριμένα για ένα μοντέλο GPD το Median Shortfall προκύπτει αντιστρέφοντας τη συνάρτηση κατανομής της GPD, με παραμέτρους σχήματος ζ και κλίμακας σ και πιθανότητα p ως ακολούθως:

$$[G(p; \sigma, \zeta)]^{-1} = \frac{\sigma}{\zeta} [(1-p)^{-\zeta} - 1]$$

όπου θέτοντας $p=1/2$ για τη διάμεσο προκύπτει:

$$G_{MEDEF} = \frac{\sigma}{\zeta} [2^{\zeta} - 1]$$

Συνδέοντας την τελευταία σχέση με τη σχέση έκφρασης του ES για τη GPD προκύπτει ένα κατάλληλο μέτρο αναμενόμενης υπό συνθήκης ζημιάς ή ελλειματικού κινδύνου το GPD_{MS} το οποίο συνδέεται με το GPD_{ES} από τη σχέση:

$$GPD_{MS}(u) = u + G_{MEDEF} = u + \frac{\sigma}{\zeta} [2^{\zeta} - 1].$$

Χαρακτηριστικό αυτού το μέτρου συγκριτικά με το ES είναι ότι ορίζεται ανεξάρτητα από τις τιμές των παραμέτρων.

Αν δοθεί η $GPD_{MS}(u)$ υπολογισμένη στο u , η $GPD_{MS}(v)$ σε υψηλότερο επίπεδο $v > u$ έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να εκφραστεί ως:

$$GPD_{MS}(v) = v + \frac{\sigma + \zeta(v-u)}{\zeta} [2^{\zeta} - 1]$$

Να σημειωθεί ότι διάφορα στατιστικά πακέτα όπως το R μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της GPD και των παραμέτρων της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Εφαρμογή σε δεδομένα Λειτουργικού Κινδύνου

Σε συνέχεια της θεωρητικής παρουσίασης των διάφορων μεθόδων και κατανομών που χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση και τη μέτρηση του Λειτουργικού Κινδύνου αποτελεί η εφαρμογή τους σε πραγματικά δεδομένα που διαπραγματεύονται στον χρηματοοικονομικό χώρο. Για την υλοποίηση αυτού του στόχου έγινε προσπάθεια ανεύρεσης δεδομένων που αφορούν ζημιές Λειτουργικού Κινδύνου από χρηματοοικονομικούς οργανισμούς εντός της Ελλάδας, ωστόσο δεν ήταν έφικτο να δοθούν στοιχεία για την παρούσα εργασία και να δημοσιευτούν, δεδομένου ότι τα εν λόγω δεδομένα αποτελούν ένα ευαίσθητο κομμάτι σε κάθε οργανισμό και είναι άκρως απόρρητα. Για το λόγο αυτό, ανατρέξαμε στο διαδίκτυο στην προσπάθεια εύρεσης κάθε έγκυρης πληροφόρησης στο πεδίο αυτό η οποία είναι προσβάσιμη στο ευρύτερο κοινό. Ακολουθεί η παρουσίαση και η ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν.

Η επιτροπή της Βασιλείας έχει συντάξει μια σειρά από έρευνες που βασίζονται σε πραγματικά δεδομένα τραπεζών προκειμένου να μελετηθούν απώλειες Λειτουργικού κινδύνου. Μια εξ'αυτών των ερευνών είναι και η 2^η συλλογή δεδομένων απωλειών Λειτουργικού Κινδύνου (2nd Loss Data Collection Exercise-2002 LCDE), στην οποία συμμετείχαν 89 τράπεζες. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν ξεπέρασαν τις 47.000. Η έρευνα αφορά τις απώλειες Λειτουργικού Κινδύνου κατά το έτος 2001 και ολοκληρώθηκε το καλοκαίρι του 2002. Στην έρευνα αυτή θα στηριχτούμε και θα προβούμε σε παρουσίαση και ανάλυση των δεδομένων Λειτουργικού Κινδύνου που αφορούν τις 89 τράπεζες. Περισσότερα και πιο αναλυτικά αποτελέσματα μπορούν να αναζητηθούν στο σχετικό έγγραφο της επιτροπής της Βασιλείας *The Loss Data Collection Exercise for Operational Risk: Summary of Data Collected* [5].

Πρωτού ξεκινήσουμε με την παρουσίαση των δεδομένων παραθέτουμε ξανά τον επόμενο πίνακα στον οποίο παρουσιάζονται οι επιχειρηματικοί τομείς και οι κατηγορίες κινδύνου των τραπεζών.

Πίνακας 5.1 Επιχειρηματικοί Τομείς και Κατηγορίες Κινδύνων

	Επιχειρηματικοί Τομείς(ΕΤ)		Κατηγορία Κινδύνου(ΚΚ)
ET1	Υπηρεσίες προς Επιχειρήσεις (Corporate Finance)	ΚΚ1	Εσωτερικές Απάτες (Internal Fraud)
ET2	Διαπραγμάτευση και πωλήσεις χρηματοπιστωτικών μέσων (Trading and Sales)	ΚΚ2	Εξωτερικές Απάτες (External Fraud)
ET3	Λιανική τραπεζική (Retail Banking)	ΚΚ3	Πρακτικές απασχόλησης & Ασφάλεια στο χώρο εργασίας (Employment Practices and Workplace Safety)
ET4	Εμπορική τραπεζική (Commercial Banking)	ΚΚ4	Πελάτες προϊόντα και επιχειρηματικές πρακτικές (Clients, Products and Business Practices)
ET5	Διενέργεια και διακανονισμός πληρωμών (Payment and Settlement)	ΚΚ5	Ζημιές σε περιουσιακά στοιχεία (Damage to Physical Assets)
ET6	Υπηρεσίες φύλαξης και διαχείρισης (Agency Services)	ΚΚ6	Διακοπή δραστηριότητας και αστοχίες του συστήματος (Business Disruption and System Failures)
ET7	Διαχείριση περιουσιακών στοιχείων (Asset Management)	ΚΚ7	Εκτέλεση,παράδοση και διαχείριση Διαδικασιών (Execution, Delivery, and Process Management)
ET8	Υπηρεσίες διαμεσολάβησης σε πελάτες λιανικής (Retail Brokerage)		

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο αριθμός των γεγονότων Λειτουργικών ζημιών όπως αναφέρθηκαν απο τις τράπεζες στην LCDE. Είναι εμφανές ότι οι περισσότερες τράπεζες είχαν σχετικά μικρό αριθμό γεγονότων ενώ πολύ λίγες είχαν πάνω από 2001 λειτουργικά γεγονότα.

Πίνακας 5.2 Αριθμός ατομικών ζημιογόνων γεγονότων των τραπεζών στην LCDE

Αριθμός ζημιογόνων γεγονότων	Αριθμός Τραπεζών	Πληρότητα των δεδομένων		
		Πλήρως ολοκληρωμένη	Μερικώς ολοκληρωμένη	Μη ολοκληρωμένη/ Δεν παρέχονται πληροφορίες
0-50	27	12	4	11
51-100	8	5	0	3
101-200	14	6	2	6
201-500	17	4	2	11
501-1000	14	3	2	9
1001-2000	3	0	0	3
2001+	5	2	1	2
Δεν υπάρχουν πληροφορίες από επιχειρηματικό τομέα*	1	0	0	1
Σύνολο	89	32	11	46

*Η τράπεζα δεν ανέφερε απώλειες ανά επιχειρηματικό τομέα.

Με πλήρως ολοκληρωμένη πληρότητα χαρακτηρίζουμε τις τράπεζες που έδωσαν στοιχεία για όλους τους επιχειρηματικούς τομείς. Με μερικώς ολοκληρωμένη πληρότητα, τις τράπεζες εκείνες έδωσαν στοιχεία για ορισμένους επιχειρηματικούς τομείς.

Απο τον παραπάνω πίνακα γίνεται αντιληπτό ότι οι τράπεζες μπορεί να έχουν διαφορετικές ερμηνείες για το τι σημαίνει να έχεις ολοκληρωμένη πληρότητα δεδομένων. Για παράδειγμα, παρατηρούμε ότι απο τις 8 τράπεζες που ανέφεραν περισσότερες απο 1000 απώλειες, μόνο 2 είχαν ολοκληρωμένη πληρότητα δεδομένων. Απο τις 35 τράπεζες που ανέφεραν λιγότερες από 100 απώλειες, 17 είχαν πλήρως ολοκληρωμένη πληρότητα δεδομένων. Κατά συνέπεια, ο αριθμός των παρατηρήσεων από μόνος του δεν μπορεί πάντα να είναι αξιόπιστος δείκτης του βαθμού πληρότητας των δεδομένων απώλειας. Επίσης, οι περισσότερες τράπεζες φαίνεται να είχαν έναν σχετικά μικρό αριθμό γεγονότων ενώ πολύ λίγες τράπεζες είχαν πάνω από 2001 λειτουργικά γεγονότα.

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει το πως κατανέμονται οι λειτουργικές ζημιές σε σχέση με το είδος της ζημιάς και την κατηγορία της εργασίας (Πίνακας 5.1).

Πίνακας 5.3 Αποτελέσματα λειτουργικών ζημιών ανά επιχειρηματικό τομέα και κατηγορία κινδύνου

	ΚΚ1	ΚΚ2	ΚΚ3	ΚΚ4	ΚΚ5	ΚΚ6	ΚΚ7	Μη παροχή πληροφορίας	Σύνολο
ET1	17 (0,04%)	20 (0,04%)	73 (0,15%)	73 (0,15%)	16 (0,03%)	8 (0,02%)	214 (0,45%)	2 (0,00%)	423 (0,89%)
ET2	47 (0,10%)	95 (0,20%)	101 (0,21%)	106 (0,23%)	33 (0,07%)	137 (0,29%)	4.603 (9,74%)	8 (0,02%)	5.132 (10,86%)
ET3	1268 (2,68%)	17.107 (36,19%)	2.063 (4,36%)	2.125 (4,50%)	520 (1,10%)	163 (0,34%)	5.289 (11,19%)	347 (0,73%)	28.882 (61,10%)
ET4	84 (0,18%)	1.799 (3,81%)	82 (0,17%)	308 (0,65%)	50 (0,11%)	47 (0,10%)	1.012 (2,14%)	32 (0,07%)	3.414 (7,22%)
ET5	23 (0,05%)	322 (0,68%)	54 (0,11%)	25 (0,05%)	9 (0,02%)	82 (0,17%)	1.334 (2,82%)	3 (0,01%)	1.852 (3,92%)
ET6	3 (0,01%)	15 (0,03%)	19 (0,04%)	27 (0,06%)	8 (0,02%)	32 (0,07%)	1.381 (2,92%)	5 (0,01%)	1.490 (3,15%)
ET7	28 (0,06%)	44 (0,09%)	39 (0,08%)	131 (0,28%)	6 (0,01%)	16 (0,03%)	837 (1,77%)	8 (0,02%)	1.109 (2,35%)
ET8	59 (0,12%)	20 (0,04%)	794 (1,68%)	539 (1,14%)	7 (0,01%)	50 (0,11%)	1.773 (3,75%)	26 (0,06%)	3.268 (6,91%)
Μη παροχή πληροφορίας	35 (0,07%)	617 (1,31%)	803 (1,70%)	54 (0,11%)	13 (0,03%)	6 (0,01%)	135 (0,29%)	36 (0,08%)	1.699 (3,59%)
Σύνολο	1.564 (3,31%)	20.039 (42,39%)	4.028 (8,52%)	3.390 (7,17%)	662 (1,40%)	541 (1,14%)	16.578 (35,07%)	467 (0,99%)	47.269 (100%)
	>20%		10%-20%		5%-10%		2.5%-5%		

Παρατηρούμε ότι ο μεγαλύτερος αριθμός λειτουργικών ζημιών για όλες τις κατηγορίες κινδύνου προέρχεται από τον επιχειρηματικό τομέας Λιανική τραπεζική Ε3 (Retail Banking) με ποσοστό 61,10% και το οποίο ισχύει και για το μέγεθος της ζημιάς ανά κατηγορία και είδος λειτουργικής ζημιάς με ποσοστό 29,36% όπως προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.4 Αποτελέσματα μεγέθους λειτουργικών ζημιών ανά επιχειρηματικό τομέα και κατηγορία κινδύνου σε εκατ. €

	ΚΚ1	ΚΚ2	ΚΚ3	ΚΚ4	ΚΚ5	ΚΚ6	ΚΚ7	Μη παροχή πληροφορίας	Σύνολο
ET1	49.4 (0,63%)	5 (0,06%)	2.5 (0,03%)	157.9 (2,03%)	8.0 (0,10%)	0.5 (0,01%)	49.6 (0,64%)	0.6 (0,01%)	273.5 (3,51%)
ET2	59.5 (0,76%)	40.4 (0,52%)	64.6 (0,83%)	193.4 (2,48%)	87.9 (1,13%)	17.6 (0,23%)	689.4 (8,96%)	1.1 (0,1%)	1163.1 (14,92%)
ET3	331.9 (4,26%)	787.1 (10,10%)	340.0 (4,36%)	254.1 (3,26%)	87.5 (1,12%)	26.5 (0,34%)	424.5 (5,45%)	37.4 (0,48%)	2289.0 (29,36%)
ET4	21.2 (0,27%)	324.9 (4,17%)	20.4 (0,26%)	156.4 (2,01%)	1.072,9 (13,76%)	18.2 (0,23%)	619.4 (7,95%)	23.2 (0,30%)	2256.8 (28,95%)
ET5	23.0 (0,29%)	21.0 (0,27%)	11.6 (0,15%)	10.5 (0,13%)	15.0 (0,19%)	78.6 (0,17%)	93.5 (1,20%)	0.3 (0,00%)	253.4 (3,25%)
ET6	0.2 (0,00%)	3.9 (0,05%)	7.6 (0,10%)	5.0 (0,06%)	100.0 (1,28%)	40.1 (0,51%)	174.1 (2,23%)	0.8 (0,01%)	331.6 (4,25%)
ET7	6.4 (0,08%)	4.6 (0,06%)	10.2 (0,13%)	77.0 (0,99%)	2.3 (0,03%)	2.3 (0,03%)	113.2 (1,45%)	0.05 (0,01%)	216.5 (2,76%)
ET8	61.5 (0,79%)	1.2 (0,02%)	50.7 (0,65%)	158.6 (2,03%)	513.2 (6,58%)	28 (0,36%)	97.1 (1,25%)	3.4 (0,04%)	913.7 (11,72%)
Μη παροχή πληροφορίας	10.5 (0,13%)	23.4 (0,30%)	18.7 (0,24%)	11.5 (0,15%)	6.7 (0,09%)	0.7 (0,01%)	22.7 (0,29%)	3.8 (0,05%)	97.9 (1,26%)
Σύνολο	563.5 (7,23%)	1211.3 (15,54%)	526.6 (6,76%)	1024.5 (13,14%)	1893.4 (24,29%)	212.5 (2,73%)	2.292,6 (29,41%)	71.1 (0,91%)	7795.5 (100%)
				>10%	5%-10%		2.5%-5%		

Οι μεγάλες ζημιές όπως φαίνεται απο τον παραπάνω πίνακα προέρχονται από τους επιχειρηματικούς τομείς Λιανική τραπεζική (29,36%) και αμέσως μετά από την Εμπορική τραπεζική (28,95%), από τη Διαπραγμάτευση και πωλήσεις χρηματοπιστωτικών μέσων (14,92%) και από τις Υπηρεσίες διαμεσολάβησης σε πελάτες λιανικής (11,72%).

Ακομή απο τον παραπάνω πίνακα φαίνονται οι οικονομικές απώλειες των τραπεζών οι οποίες ανέρχονται σε 7,79δισ € σε περίοδο ενός έτος. Θα μπορούσαμε δηλαδή να πούμε ότι αναλογικά σε κάθε τράπεζα αντιστοιχεί οικονομική απώλεια ύψους 87,58 εκατ €.

Πίνακας 5.5 Πίνακας αριθμού τραπεζών που παρείχαν δεδομένα ζημιών ανά επιχειρηματικό τομέα και ο συνολικός αριθμός παρατηρήσεων

	Επιχειρηματικοί Τομείς(ET)	Αριθμός τραπεζών που παρείχαν δεδομένα ζημιών	Συνολικός Αριθμός Παρατηρήσεων(ζημιών)
ET1	Υπηρεσίες προς Επιχειρήσεις (Corporate Finance)	33	423
ET2	Διαπραγμάτευση και πωλήσεις χρηματοπιστωτικών μέσων (Trading and Sales)	67	5.132
ET3	Λιανική τραπεζική (Retail Banking)	80	28.882
ET4	Εμπορική τραπεζική (Commercial Banking)	73	3.414
ET5	Διενέργεια και διακανονισμός πληρωμών (Payment and Settlement)	55	1.852
ET6	Υπηρεσίες φύλαξης και διαχείρισης (Agency Services)	40	1.490
ET7	Διαχείριση περιουσιακών στοιχείων (Asset Management)	52	1.109
ET8	Υπηρεσίες διαμεσολάβησης σε πελάτες λιανικής (Retail Brokerage)	41	3.267

Τα ακόλουθα αποτελέσματα στηρίζονται στη μελέτη του Moscadelli (2004) ο οποίος ανέλυσε τα παραπάνω δεδομένα των 89 τραπεζών με σκοπό να εξετάσει ποιές κατανομές προσαρμόζονται καταλληλότερα στα δεδομένα, δίνοντας έμφαση στις κατανομές ακραίων τιμών και τη Γενικευμένη κατανομή Pareto.

Λόγω προστασίας και εμπιστευτικότητας των αρχικών δεδομένων των τραπεζών, τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στους παραπάνω πίνακες προέκυψαν απο την τεχνική bootstrap. Πρόκειται για μια τεχνική παραγωγής νέων δεδομένων που στηρίζονται στα αρχικά δεδομένα της κάθε τράπεζας, τα οποία και αναλύονται. Το μοντέλο αυτό στηρίζεται στην υπόθεση ότι οι παρατηρήσεις είναι ανεξάρτητες και ισόνομες τυχαίες μεταβλητές. Ο μεγάλος αριθμός των εκτιμήσεων bootstrapping μπορεί να θεωρηθεί ως ένα τυχαίο δείγμα από την δειγματική κατανομή του κάθε παραμετρικού εκτιμητή που έχει υπολογιστεί. Η μέση τιμή των δειγμάτων bootstrap είναι ένας καλός δείκτης της αναμενόμενης αξίας του εκτιμητή.

Στην πράξη, αυτή η τεχνική αναδειγματοληψίας με επανατοποθέτηση εφαρμόζεται σε κάθε αρχικό σύνολο δεδομένων ET. Τα βήματα είναι τα εξής:

α) παραγωγή ενός τυχαίου αριθμού j από ακέραιους αριθμούς προερχόμενη από το σύνολο $\{1, 2, \dots, n\}$, όπου n είναι το μέγεθος του δείγματος ET.

- β) ανάκληση του j -στου μέλους του αρχικού δείγματος
 γ) επανάληψη των πρώτων 2 βημάτων n φορές (λόγω της επανατοποθέτησης, η ίδια τιμή από το αρχικό δείγμα μπορεί να επιλεγεί περισσότερες από μία φορές)
 δ) υπολογισμός των εκτιμήσεων των παραμέτρων από αυτές τις n νέες τιμές
 ε) επανάληψη 1.000 φορές των βημάτων (α) έως (δ)

Η ανάλυση γίνεται ανά ET προκειμένου να υπάρχουν περισσότερα δεδομένα για ανάλυση. Με βάση αυτά προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας.

Πίνακας 5.6 Αποτελέσματα Bootstrapping

	Επιχειρηματικοί Τομείς(ET)	Μέση Τιμή (€ .000)	Τυπική Απόκλιση (€ .000)	Λοξότητα	Κύρτωση
ET1	Υπηρεσίες προς Επιχειρήσεις (Corporate Finance)	646	6.095	16	294
ET2	Διαπραγμάτευση και πωλήσεις χρηματοπιστωτικών μέσων (Trading and Sales)	226	1.917	23	674
ET3	Λιανική τραπεζική (Retail Banking)	79	877	55	4.091
ET4	Εμπορική τραπεζική (Commercial Banking)	356	2.642	15	288
ET5	Διενέργεια και διακανονισμός πληρωμών (Payment and Settlement)	137	1.320	24	650
ET6	Υπηρεσίες φύλαξης και διαχείρισης (Agency Services)	222	1.338	13	211
ET7	Διαχείριση περιουσιακών στοιχείων (Asset Management)	195	1.473	25	713
ET8	Υπηρεσίες διαμεσολάβησης σε πελάτες λιανικής (Retail Brokerage)	125	1.185	32	1.232

Οι εκτιμητές bootstrap δείχνουν ότι οι εμπειρικές κατανομές των οκτώ ET είναι πολύ λοξές προς τα δεξιά και, πάνω απ'όλα, με πολύ βαριά ουρά. Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι, παρότι η διάρκεια συλλογής δεδομένων είναι μικρή εμφανίζονται αρκετά δεδομένα με μεγάλη επίδραση, τα οποία μπορούν να αιτιολογηθούν από το γεγονός ότι η συλλογή πραγματοποιήθηκε το 2001 το έτος που δηλαδή που υπήρξε η τρομοκρατική επίθεση στις ΗΠΑ στις 11 Σεπτεμβρίου. Το γεγονός αυτό προκάλεσε στις τράπεζες μεγάλες απώλειες Λειτουργικού Κινδύνου (χωρίς βέβαια αυτό να σημαίνει ότι το μεγαλύτερο μέρος των απωλειών προκλήθηκε από αυτό το συμβάν), κάτι που περιορίζει την υπόθεση ανεξαρτησίας των δεδομένων.

Στόχος είναι να δούμε ποιες κατανομές προσαρμόζονται κατάλληλα στα δεδομένα μεγέθους Λειτουργικών Κινδύνων τόσο στο σώμα όσο και στην ουρά της κατανομής.

Δόθηκε περισσότερη σημασία στις ζημιές μεγάλου μεγέθους διότι όπως αναφέραμε σε θεωρητικό επίπεδο, να μεν συμβαίνουν με μικρή συχνότητα ωστόσο αποτελούν μια απειλή για τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα. Βρίσκοντας λοιπόν τις κατάλληλες κατανομές, έγινε υπολογισμός των μέτρων κινδύνου Value-At-Risk και Expected Shortfall για την κατανομή η οποία παρουσίαζε την καλύτερη προσαρμογή στην ουρά της κατανομής.

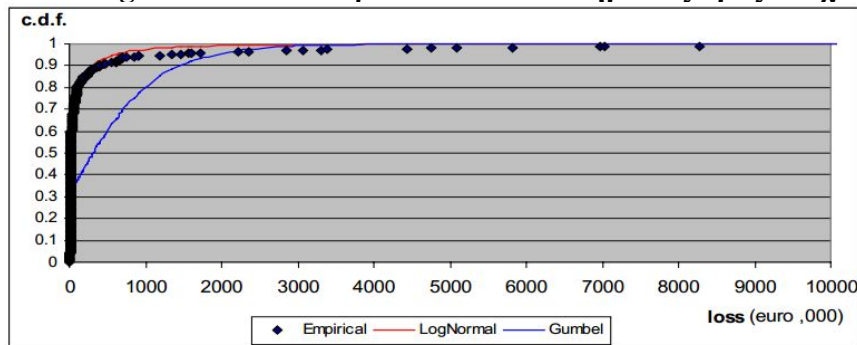
Προκειμένου να διαπιστώσουμε ποια κατανομή προσαρμόζεται κατάλληλα στα δεδομένα, έγιναν έλεγχοι καλής προσαρμογής χρησιμοποιώντας διάφορες κατανομές ξεκινώντας από κατανομές με ελαφριά ουρά και καταλήγοντας σε κατανομές με βαριά ουρά. Στην Ενότητα 3.6 του Κεφαλαίου 3 αναφέρθηκαν κάποιες υποψήφιες κατανομές για το μέγεθος των λειτουργικών ζημιών. Επίσης στις Ενότητες 4.3, 4.6 του Κεφαλαίου 4 αναφέρθηκαν γενικευμένες κατανομές που θα μπορούσαν να περιγράψουν ικανοποιητικά υψηλά μεγέθη ζημιών και ακραία γεγονότα.

Κάνοντας χρήση των ελέγχων καλής προσαρμογής Kolmogorov-Smirnov (K-S) και Anderson-Darling (A-D) για τις ποικίλες κατανομές προσαρμόζονται καλύτερα στα δεδομένα, προκύπτει ότι η Gumbel και η λογαριθμοκανονική είναι οι κατανομές που ταιριάζουν καλύτερα τα δεδομένα κάθε επιχειρηματικού τομέα (ET).

Ο έλεγχος καλής προσαρμογής Anderson-Darling όπως ήδη έχουμε αναφέρει είναι πιο κατάλληλος όταν έχουμε δεδομένα με υψηλή επίδραση γιατί παρουσιάζει ευαισθησία στην ουρά των δεδομένων.

Ακολουθεί διαγραμματική απεικόνιση της προσαρμογής των κατανομών Gumbel και LogNormal στα δεδομένα για κάθε Επιχειρηματικό Τομέα.

Διάγραμμα 5.1 Αθροιστική συνάρτηση κατανομής προσαρμογής Gumbel και LogNormal στα δεδομένα του ET1 Υπηρεσίες προς Επιχειρήσεις

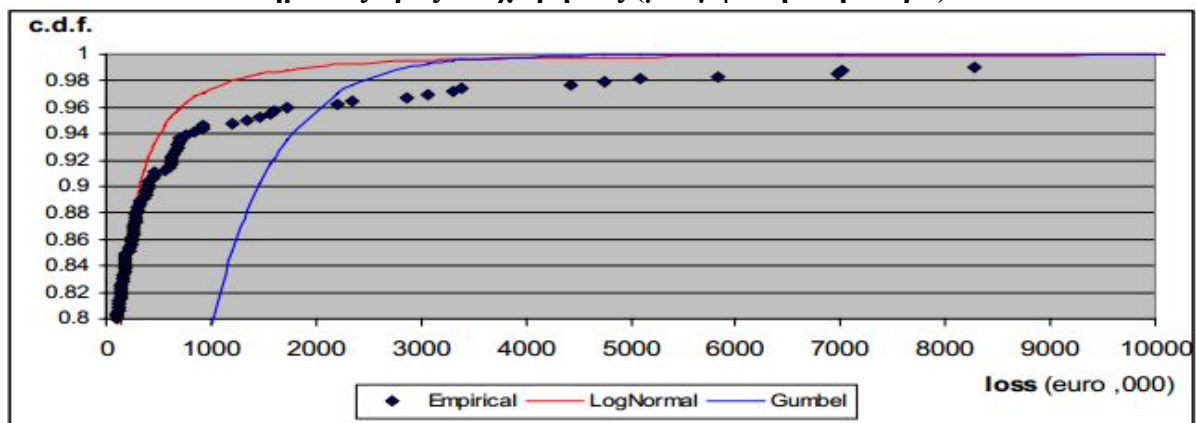


Στηριζόμενοι στο παραπάνω γράφημα της Αθροιστικής συνάρτησης κατανομής Gumbel και LogNormal για τον ET1 η λογαριθμοκανονική καμπύλη φαίνεται να παρέχει ικανοποιητική προσέγγιση στο σύνολο των δεδομένων, ενώ η καμπύλη Gumbel προσαρμόζεται καλύτερα μόνο στην ουρά της κατανομής.

Στην πραγματικότητα όμως, από το παραπάνω διάγραμμα, είναι δύσκολο να διερευνηθεί αν οι επιλεγμένες κατανομές παρέχουν μια καλή προσαρμογή στην περιοχή που μας ενδιαφέρει περισσότερο δηλαδή στην περιοχή της ουράς της κατανομής.

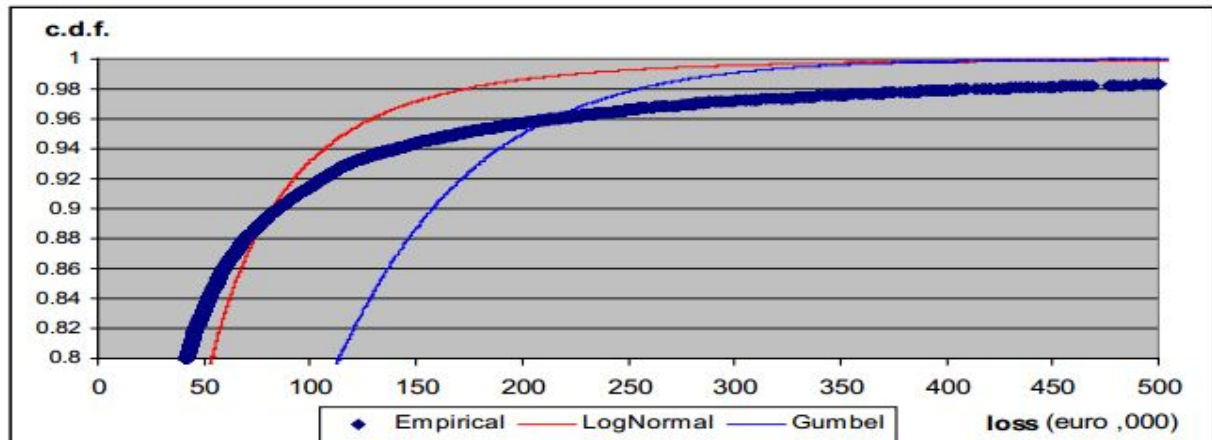
Όταν η γραφική ανάλυση περιορίζεται στην ουρά, δηλαδή στο 10% των μεγαλύτερων δεδομένων απωλειών, όπως δείχνει το Διάγραμμα 5.2 προκύπτει ότι η κατανομή LogNormal υπερεκτιμά την εμπειρική κατανομή από το 90ο ποσοστημόριο ενώ η κατανομή Gumbel από το 96,5ο ποσοστημόριο.

Διάγραμμα 5.2 Προσαρμογή Gumbel και LogNormal στα δεδομένα του ET1 Υπηρεσίες προς Επιχειρήσεις (με έμφαση στην ουρά)



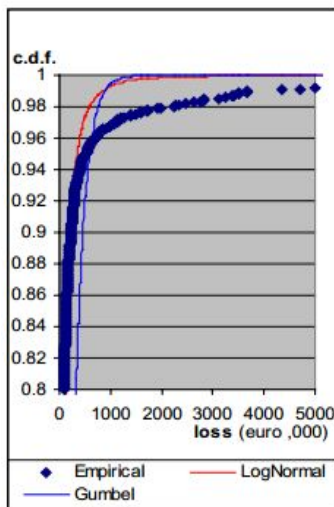
Η υπερεκτίμηση που προκύπτει με τη χρήση αυτών των δυο κατανομών μπορεί να φανεί ακόμη και αν τις εφαρμόσουμε σε άλλο επιχειρηματικό τομέα. Στο ακόλουθο γράφημα έγινε εφαρμογή στον ET3 Λιανική Τραπεζική. Είναι εύκολο να δει κανείς, την κακή εφαρμογή των δύο κατανομών στην ουρά της κατανομής.

**Διάγραμμα 5.3 Προσαρμογής Gumbel και LogNormal στα δεδομένα του ET3
Λιανική Τραπεζική (με έμφαση στην ουρά)**

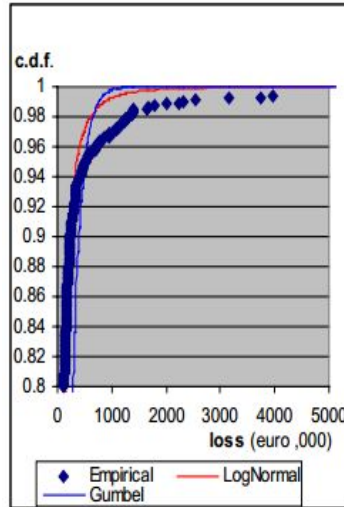


Το φαινόμενο αυτό περί εκτίμησης δεν αλλάζει εάν ληφθούν υπόψη και οι άλλοι επιχειρηματικοί τομείς, όπως φαίνεται διαγραμματικά στα ακόλουθα γραφήματα όπου παρουσιάζονται για τους επιχειρηματικούς τομείς Υπηρεσίες φύλαξης και διαχείρισης, Διαχείριση περιουσιακών στοιχείων, και Υπηρεσίες διαμεσολάβησης σε πελάτες λιανικής η προσαρμογή των κατανομών Gumbel και LogNormal στα δεδομένα των επιχειρηματικών αυτών τομέων.

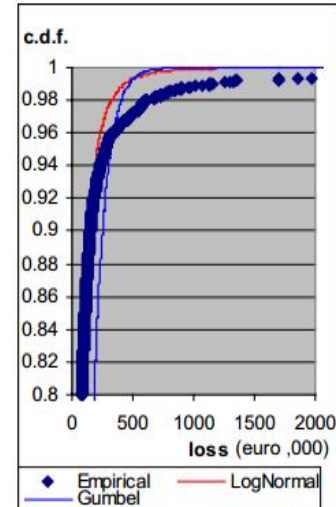
**Διάγραμμα 5.4 Προσαρμογή Gumbel και LogNormal στα δεδομένα των
ET6,ET7,ET8 (με έμφαση στην ουρά)**



ET6 -Υπηρεσίες φύλαξης και διαχείρισης



ET7- Διαχείριση περιουσιακών στοιχείων



ET8-Υπηρεσίες διαμεσολάβησης σε πελάτες λιανικής

Οι τιμές ελέγχου καλής προσαρμογής του ακόλουθου πίνακα για τις κατανομές LogNormal και Gumbel επιβεβαιώνουν τα παραπάνω γραφήματα. Παρατηρούμε τα

αποτελέσματα των ελέγχων καλής προσαρμογής των κατανομών τόσο της κατανομής LogNormal όσο και της Gumbel υπερβαίνουν τις κριτικές τιμές των K-S και A-D στο 90ο ποσοστημόριο.

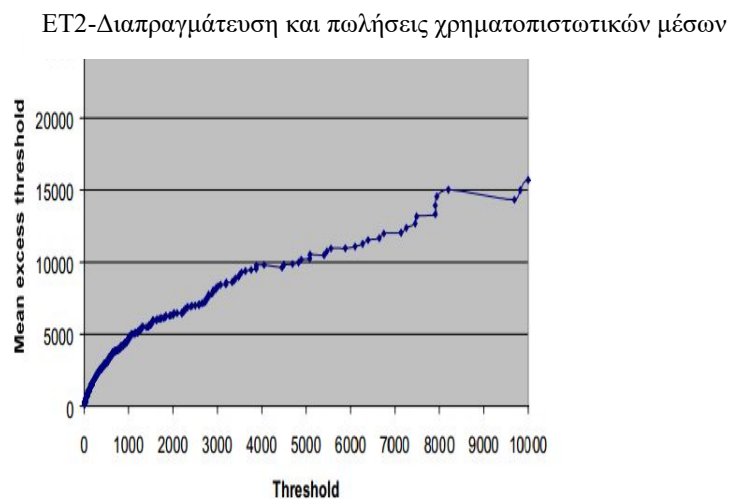
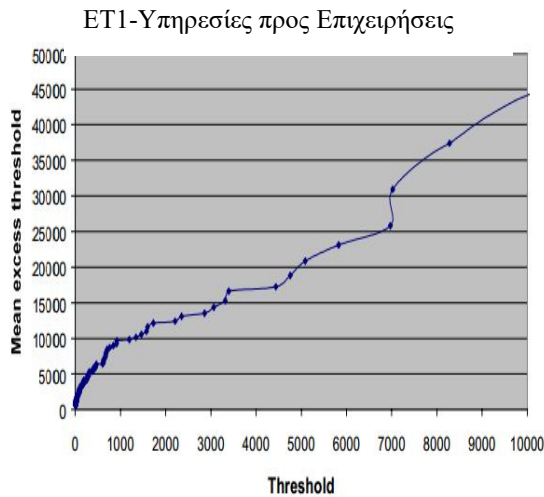
Πίνακας 5.7 Παραμέτροι της LogNormal και Gumbel και έλεγχοι καλής προσαρμογής K-S και A-D

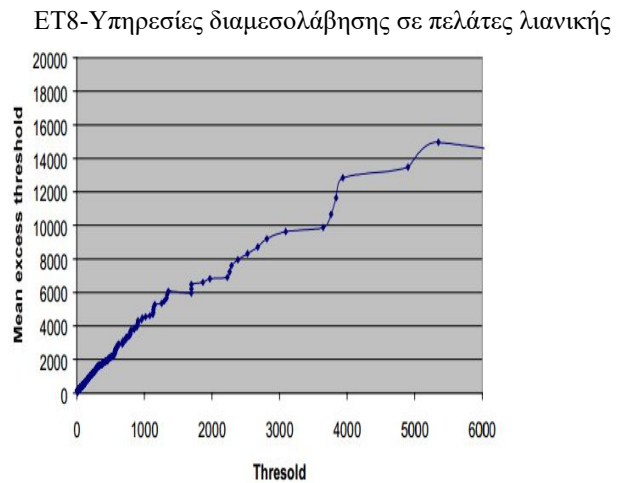
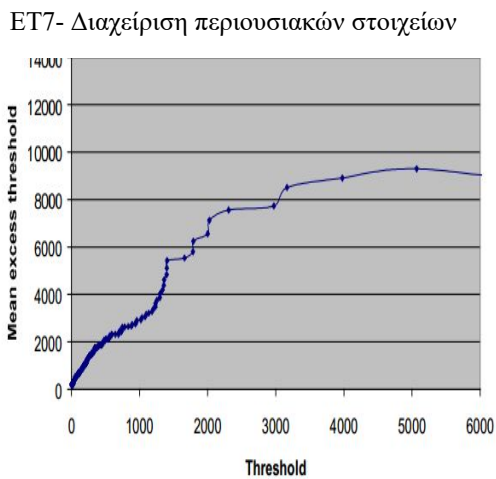
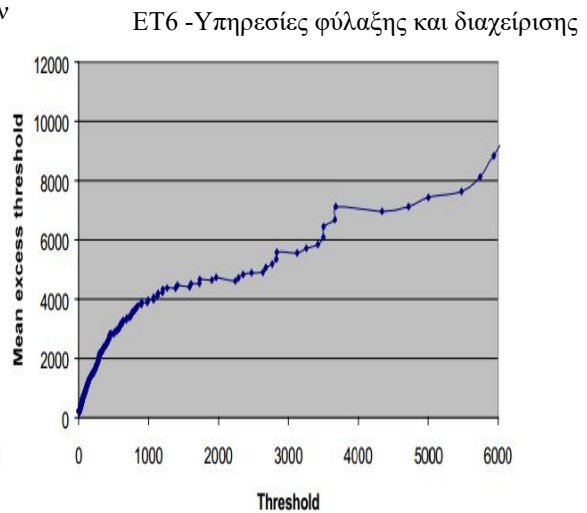
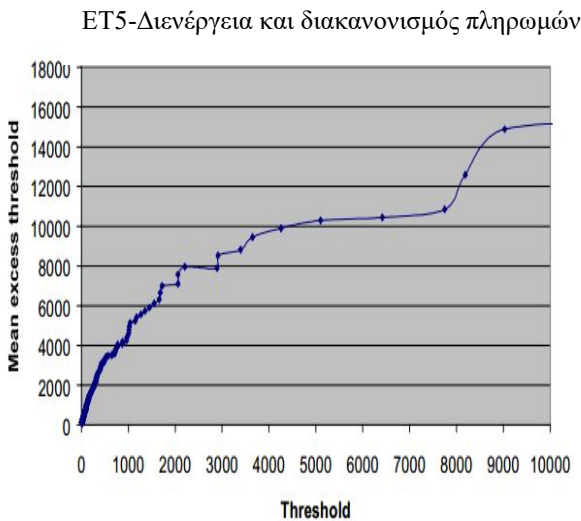
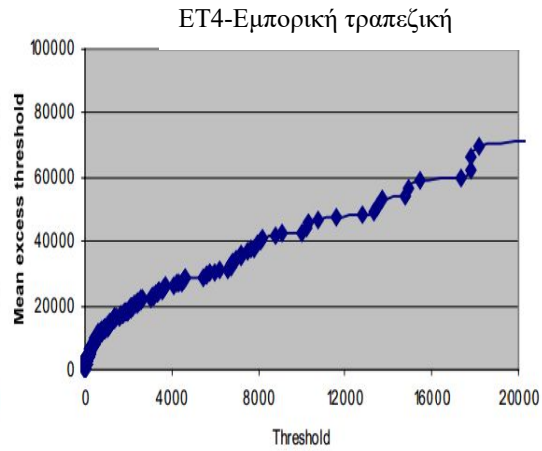
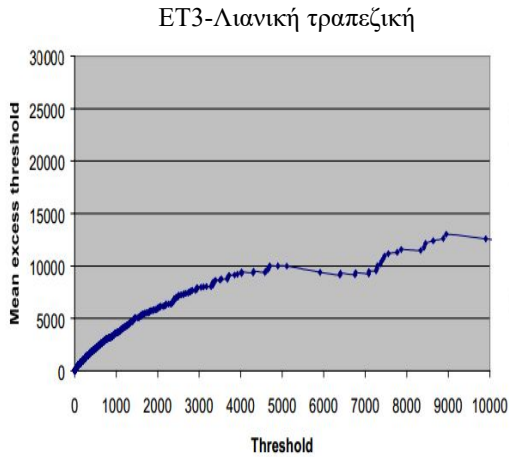
Επιχειρηματικός Τομέας	Συνολικός Αριθμός Παρατηρήσεων(ζημιών)	LogNormal				Gumbel				Critical Value $\alpha=90\%$	
		Παράμετροι Εκτίμησης		Αποτελέσματα		Παράμετροι Εκτίμησης		Αποτελέσματα		Kolmogorov-Smirnov	Anderson-Darling
		μ	σ	Kolmogorov-Smirnov	Anderson-Darling	μ	σ	Kolmogorov-Smirnov	Anderson-Darling		
ET1	423	3,58	1,71	0,18	22,52	93,96	602,30	0,43	124,62	0,06	0,63
ET2	5.132	3,64	1,27	0,14	180,52	51,76	185,25	0,37	1224,03	0,02	0,63
ET3	28.882	3,17	0,97	0,18	1653,03	25,63	58,80	0,34	6037,35	0,01	0,63
ET4	3.414	3,61	1,41	0,16	173,94	48,30	203,53	0,37	830,57	0,02	0,63
ET5	1.852	3,37	1,10	0,15	73,74	35,86	109,93	0,36	436,48	0,03	0,63
ET6	1.49	3,74	1,28	0,12	46,33	54,82	181,19	0,35	332,74	0,03	0,63
ET7	1.109	3,79	1,28	0,11	25,68	56,78	153,72	0,32	203,94	0,04	0,63
ET8	3.267	3,58	1,08	0,12	87,67	41,03	93,51	0,31	576,51	0,02	0,63

Ένα πρώτο συμπέρασμα που προκύπτει από τη μοντελοποίηση του μεγέθους λειτουργικών ζημιών είναι ότι μπορεί κάποιες κατανομές να ταιριάζουν στο σώμα των δεδομένων καλά ή με άλλα λόγια μπορεί κάποιες κατανομές να προσαρμόζονται ικανοποιητικά στο σώμα των δεδομένων ωστόσο δεν συμβαίνει το ίδιο και στην περιοχή της ουράς. Αυτό που παρατηρείται τόσο διαγραμματικά όσο και απο τους ελέγχους είναι ότι οι κατανομές αυτές προσαρμόζονται ικανοποιητικά στα δεδομένα μέχρι ενός ποσοστημορίου. Η ουσία εστιάζεται όμως στα δεδομένα στην ουρά.

Προκειμένου να έχουμε μια πρώτη εικόνα σχετικά με τις υπερβάσεις και να τεθεί ένα όριο αυτών προβαίνουμε στην διαγραμματική απεικόνιση της μέσης υπέρβασης για κάθε ET. Όπως έχει αναφερθεί στην Ενότητα 4.8 του Κεφαλαίου 4 πρόκειται για μια εύχρηστη τεχνική εύρεσης του ορίου u .

Διάγραμμα 5.5 Απεικόνιση μέσης υπέρβασης για κάθε ET





Προηγουμένως στα διαγράμματα προσαρμογής Gumbel και LogNormal είχε διαπιστωθεί ότι οι κατανομές προσαρμόζονται ικανοποιητικά μέχρι ενός σημείου (ποσοστημορίου) στα δεδομένα. Το όριο ορίστηκε κοντά στο 90ο εκατοστημόριο για

όλους τους ET εκτός από της Λιανικής Τραπεζικής, όπου μετατοπίζεται προς το 96,5 εκατοστημόριο, αυτό λόγω του μεγαλύτερου αριθμού των παρατηρήσεων στον Επιχειρηματικό Τομέα Λιανικής Τραπεζικής. Το όριο u πρέπει να είναι αρκετά υψηλό αλλά παράλληλα να αφήνει αρκετές παρατηρήσεις πέρα από αυτό. Τα επιλεγόμενα κατώφλια ή με άλλα λόγια τα επιλεγόμενα όρια για κάθε επιχειρηματικό τομέα παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.8 Επιλεγμένο Όριο u

	Επιχειρηματικοί Τομείς(ET)	Αριθμός Παρατηρήσεων (ζημιών)	Όριο(u)	Εμπειρικό Εκατοστημόριο	Αριθμός Υπερβάσεων
ET1	Υπηρεσίες προς Επιχειρήσεις	423	400,28	89,85%	42
ET2	Διαπραγμάτευση και πωλήσεις χρηματοπιστωτικών μέσων	5.132	193,00	89,85%	512
ET3	Λιανική τραπεζική	28.882	247,00	96,50%	1.000
ET4	Εμπορική τραπεζική	3.414	270,00	90,66%	315
ET5	Διενέργεια και διακανονισμός πληρωμών	1.852	110,00	89,85%	187
ET6	Υπηρεσίες φύλαξης και διαχείρισης	1.490	201,66	89,20%	158
ET7	Διαχείριση περιουσιακών στοιχείων	1.109	235,00	90%	107
ET8	Υπηρεσίες διαμεσολάβησης σε πελάτες λιανικής	3.267	149,51	89,99%	326

Όπως μπορεί να φανεί στον Πίνακα 5.8, εκτός από τον ET1, ο αριθμός των υπερβάσεων φαίνεται να είναι αρκετά μεγάλος και αυτό διότι σε όλους τους επιχειρηματικούς τομείς εκτός από τον ET1 ο αριθμός των παρατηρήσεων είναι μεγάλος. Ένας μεγάλος αριθμός υπερβάσεων βοηθά ώστε να δημιουργηθούν αξιόπιστες εκτιμήσεις ενός υψηλού εκατοστημορίου για την πλειονότητα των ET.

Αυτό υποστηρίζεται από τα αποτελέσματα μιας μελέτης προσομοίωσης που διεξήχθη από τους McNeil και Saladin, (1997) με στόχο να εντοπίσει τον ελάχιστο αριθμό των δεδομένων και των υπερβάσεων προκειμένου να αποκτήσουν αξιόπιστες εκτιμήσεις υψηλών ποσοστημορίων. Συγκεκριμένα, η εμπειρική μελέτη έδειξε ότι, όταν τα δεδομένα παρουσιάζονται με κατανομή Pareto βαριάς ουράς με παράμετρο σχήματος

$$\alpha = \frac{1}{\xi} = 1, \text{ απαιτείται ένας ελάχιστος αριθμός } 1000 \text{ (2000) δεδομένων και } 100 \text{ (200)}$$

υπερβάσεων για να έχουμε μια αξιόπιστη εκτίμηση GPD 99,9ου εκατοστημορίου. Πράγματι αυτό επιβεβαιώνεται από τον παραπάνω πίνακα, δηλαδή εκτός από τον ET1, ο αριθμός των υπερβάσεων φαίνεται να είναι αρκετά μεγάλος για να ληφθούν αξιόπιστες εκτιμήσεις του 99,9 εκατοστημορίου για την πλειοψηφία των ET.

Στη συνέχεια στον Πίνακα 5.9 παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις των παραμέτρων της GPD για όλους τους ET, καθώς και τα αποτελέσματα από τους ελέγχους καλής προσαρμογής K-S και A-D.

Πίνακας 5.9 Εκτίμηση Παραμέτρων GPD και έλεγχοι καλής προσαρμογής

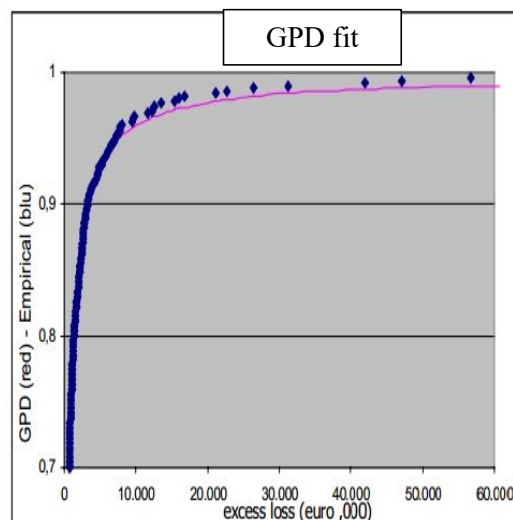
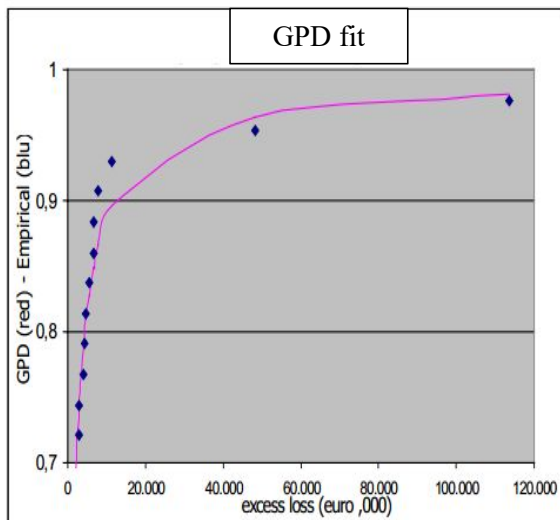
		Παράμετροι Εκτίμησης				Αποτελέσματα τεστ προσαρμογής				
		σ	ξ	ξ Διάστημα Εμπιστοσύνης (α=95%)		Kolmogorov-Smirnov		Anderson-Darling		
Επιχειρηματικός Τομέας	Αριθμός Υπερβάσεων			Κατώτερο Όριο	Ανώτερο Όριο	Αποτελέσματα	Critical Values (α)	Αποτελέσματα	Critical Values (α=90%)	Critical Values (α=99%)
ET1	42	774	1,19	1,06	1,58	0,099	0,189	0,486	0,630	1,030
ET2	512	254	1,17	0,98	1,35	0,027	0,054	0,508	0,630	1,030
ET3	1.000	233	1,01	0,88	1,14	0,020	0,023	0,675	0,630	1,030
ET4	315	412	1,39	1,20	1,62	0,058	0,070	1,541	0,630	1,030
ET5	187	107	1,23	0,96	1,37	0,028	0,090	0,247	0,630	1,030
ET6	158	243	1,22	1,03	1,42	0,064	0,097	0,892	0,630	1,030
ET7	107	314	0,85	0,57	1,18	0,060	0,118	0,217	0,630	1,030
ET8	326	124	0,98	0,76	1,20	0,033	0,068	0,291	0,630	1,030

Οι τιμές των αποτελεσμάτων K-S είναι χαμηλότερες από τις κριτικές τιμές σε όλους τους ET, ενώ στο τεστ καλής προσαρμογής A-D υπάρχει μια ένδειξη απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης για ET3 και ET6 (σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 90\%$) και ET4 (ακόμη και στο υψηλότερο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 99\%$). Ακόμη, οι εκτιμήσεις των παραμέτρων σχήματος ξ δείχνουν ότι τα μοντέλα GPD έχουν άπειρη διακύμανση σε όλους τους ET ($\xi > 0,5$) και, επιπλέον, έξι επιχειρηματικοί τομείς έχουν άπειρο μέσο ($\xi > 1$ ET1, ET2, ET3, ET4, ET5, ET6) και σχεδόν άπειρο μέσο στον ET8 ($\xi = 0,98$). Στα ακόλουθα διαγράμματα παρουσιάζεται η προσαρμογή της GPD στο 50% των μεγαλύτερων δεδομένων.

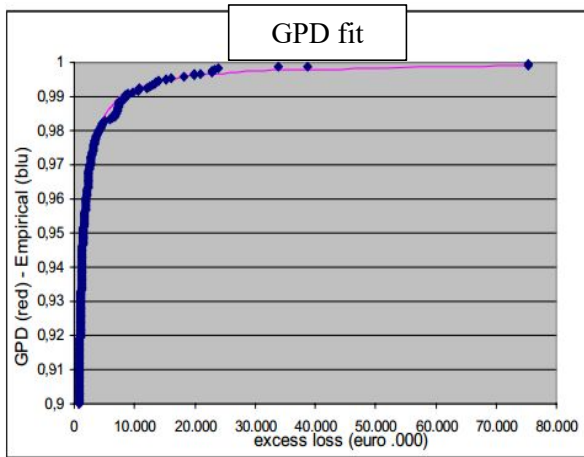
Διάγραμμα 5.6 Απεικόνιση προσαρμογής της GPD για κάθε ET

ET1-Υπηρεσίες προς Επιχειρήσεις

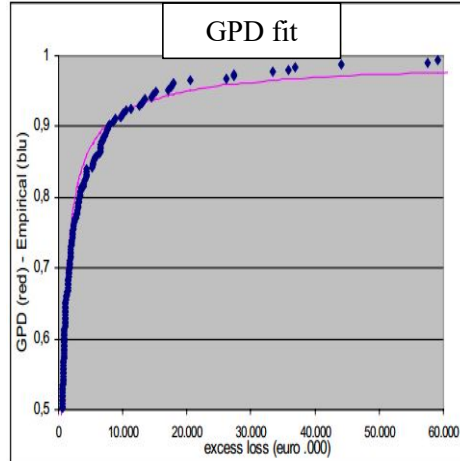
ET2-Διαπραγμάτευση και πωλήσεις χρηματοπιστωτικών μέσων



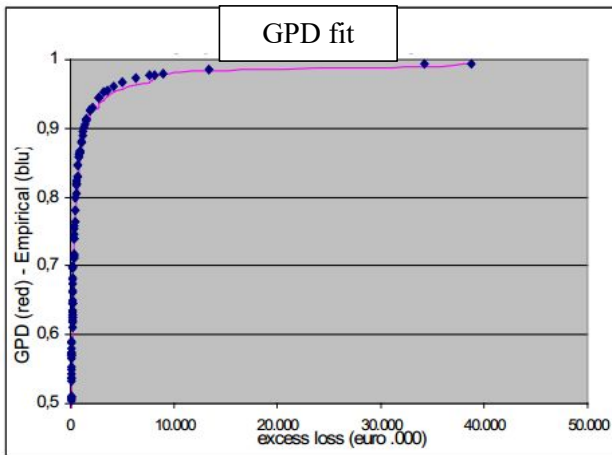
ET3-Λιανική τραπεζική



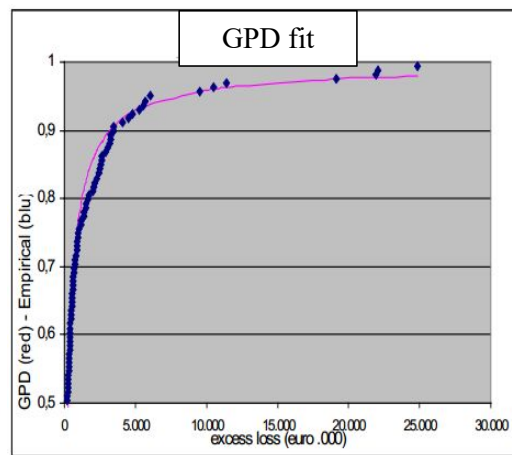
ET4-Εμπορική τραπεζική



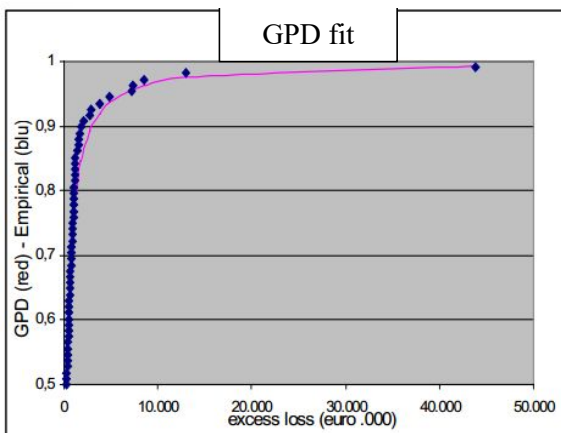
ET5-Διενέργεια και διακανονισμός πληρωμών



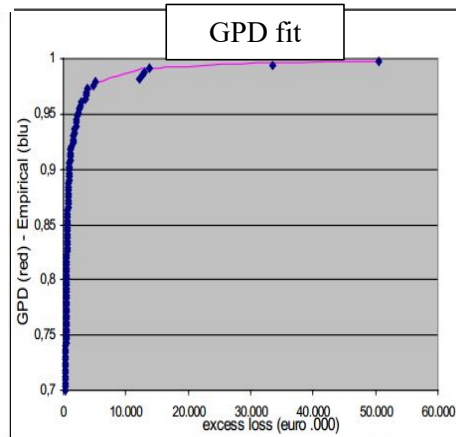
ET6 -Υπηρεσίες φύλαξης και διαχείρισης



ET7- Διαχείριση περιουσιακών στοιχείων



ET8-Υπηρεσίες διαμεσολάβησης σε πελάτες λιανικής



Όπως είναι εμφανές η προσαρμογή της GPD είναι ικανοποιητική και ειδικότερα και στα πιο ακραία γεγονότα.

Έχοντας λάβει μια διαγραμματική εκτίμηση και λαμβάνοντας υπόψη τους ελέγχους καλής προσαρμογής έχουμε την εικόνα ότι η Γενικευμένη Κατανομή Pareto φαίνεται να είναι ένα σχετικά ακριβές μοντέλο για να αντιπροσωπεύει τις ακραίες ζημιές κάθε ET.

Βασιζόμενοι στις εκτιμήσεις των παραμέτρων της GPD που έχουν ήδη βρεθεί παραπάνω στον Πίνακα 5.9 υπολογίστηκε το VaR της GPD για κάθε Επιχειρηματικό Τομέα με πιθανότητα 95%, 99% και 99,9% και παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 5.10 VaR Κατανομής GPD (σε εκατ €)

Επιχειρηματικός Τομέας	Ποσοστημόρια		
	95%	99%	99.9%
ET1	1.222	9.743	154.523
ET2	463	3.178	47.341
ET3	176	826	8.356
ET4	668	6.479	159.671
ET5	230	1.518	25.412
ET6	501	3.553	58.930
ET7	511	5.402	17.825
ET8	272	1.229	11.539

Παρατηρούμε ότι ο ET1 και ο ET4 έχουν τα υψηλότερα VaR γεγονός που υποδηλώνει ότι οι δυο αυτοί Επιχειρηματικοί Τομείς έχουν πολύ υψηλό Λειτουργικό Κίνδυνο. Το μέτρο αυτό υποδηλώνει το μέγιστο που μπορεί να χάσει η τράπεζα μέσα στον επόμενο χρόνο λόγω λειτουργικών κινδύνων με προκαθορισμένη πιθανότητα.

Σε θεωρητικό επίπεδο όμως αναφέραμε ότι το VaR δεν είναι συνεπές μέτρο κινδύνου. Ένα από τα πιο σοβαρά προβλήματα στη χρήση του VaR σε πρακτικές εφαρμογές είναι ότι, όταν οι απώλειες δεν έχουν φυσιολογική συμπεριφορά, δηλαδή δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή το VaR είναι ασταθές και αποτυγχάνει να είναι ένα συνεκτικό μέτρο του κινδύνου. Επίσης το VaR όπως ήδη έχουμε αναφέρει δεν μας παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις απώλειες πέραν του ορίου. Για το λόγο αυτό θα χρησιμοποιήσουμε το

μέτρο κινδύνου Αναμενόμενη υπό συνθήκη ζημιά (ES).

Όμως είδαμε στην Ενότητα 4.8 του Κεφαλαίου 4 το ES για τη GPD ορίζεται για $\xi < 1$. Στον Πίνακα 5.9 βλέπουμε ότι η εκτίμηση της παραμέτρου σχήματος ξ , είναι μεγαλύτερη της μονάδας για την πλειοψηφία των ET (ET1-ET6) ή κοντά στη μονάδα (ET7 και ET8). Στις περιπτώσεις όπου $\xi > 1$ ή $\xi \approx 1$ το μέτρο ES δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σωστά. Γι' αυτό θα προβούμε στον υπολογισμό των τιμών ενός εναλλακτικού μέτρου κινδύνου το GPD_{MS} για κάθε ET. Το μέτρο αυτό αναφέρεται στη διάμεσο (median) της υπερβάλλουσας συνάρτησης κατανομής της GPD.

Πίνακας 5.11 Εκτίμηση μεγέθους απωλειών μέσω GPD_{MS} (σε εκατ. €)

Επιχειρηματικός Τομέας	Ποσοστημόρια			
	90%	95%	99%	99.9%
ET1	1.234	3.383	19.030	260.415
ET2	464	1.121	7.998	70.612
ET3	481	481	1.694	17.411
ET4	750	1.694	20.063	151.553
ET5	227	551	3.910	80.518
ET6	466	1.208	10.107	51.805
ET7	531	1.076	4.264	79.423
ET8	273	520	2.222	27.628
Σύνολο	4.428	10.034	69.288	739.365

Παρατηρούμε ότι με την αύξηση του ποσοστημορίου αυξάνονται και οι απώλειες σε κάθε ET. Στο 99,9% ποσοστημόριο είναι έκδηλη η διαφορά των απωλειών συγκριτικά με τα υπόλοιπα ποσοστημόρια. Οι επιχειρηματικοί τομείς ET1 και ET4 παρουσιάζουν μεγαλύτερη επικινδυνότητα, ενώ ο ET3 και ET8 λιγότερη επικινδυνότητα.

Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας των παραπάνω αποτελεσμάτων για την κατανομή μεγάλου μεγέθους απωλειών Λειτουργικού Κινδύνου που κρίθηκε καταλληλότερη καθώς και τα αποτελέσματα των μέτρων κινδύνου VaR και GPD_{MS} .

Πίνακας 5.12 Συγκεντρωτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων για την καταλληλότερη κατανομή μεγάλου μεγέθους απωλειών

Επιχειρηματικοί Τομείς	ET1	ET2	ET3	ET4	ET5	ET6	ET7	ET8
Μέγεθος Δείγματος και Κατώφλι								
Αριθμός Παρατηρήσεων	423	5.132	28.882	3.414	1.852	1.490	1.109	3.267
Αριθμός Υπερβάσεων	42	512	1.000	315	187	158	107	326
Κατώφλι (u)	400,28	193,00	247,00	270,00	110,00	201,66	235,00	149,51
Παράμετροι GPD (μ ισούται με u)								
ξ	1,19	1,17	1,01	1,39	1,23	1,22	0,85	0,98
σ	774	254	233	412	107	243	314	124
Έλεγχοι Καλής Προσαρμογής								
K-S test	0,099	0,027	0,02	0,058	0,028	0,064	0,06	0,033
A-D test	0,486	0,508	0,675	1,541	0,247	0,892	0,217	0,291
Value-At-Risk								
95% VaR (εκατ. €)	1.222	463	176	668	230	501	511	272
99% VaR (εκατ. €)	9.743	3.178	826	6.479	1.518	3.553	2.402	1.229
99.9% VaR (εκατ. €)	154.523	47.341	8.356	159.671	25.412	58.930	17.825	11.539
GPDMS								
95% GPDMS (εκατ. €)	3.383	1.121	1.436	5.180	3.493	7.998	17.824	70.612
99% GPDMS (εκατ. €)	19.030	7.998	1.694	20.063	3.910	10.107	4.264	2.222
99.9% GPDMS (εκατ. €)	260.415	70.612	17.411	151.553	80.518	51.805	79.423	27.628

Τόσο για το μέτρο κινδύνου VaR όσο και για το μέτρο GPD_{MS} οι Υπηρεσίες προς Επιχειρήσεις και η Εμπορική Τραπεζική βρέθηκαν να είναι οι πιο επικίνδυνοι ET. Πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με το μέτρο κινδύνου Value-At-Risk με πιθανότητα 99% οι τιμές υπολογίστηκαν σε 154 εκατ. € και 159 εκατ. € για τους δυο επιχειρηματικούς κινδύνους αντίστοιχα. Για το GPD_{MS} οι τιμές μεγέθους απώλειων ανήλθαν σε 260 εκατ. € και 151 εκατ. € αντίστοιχα στο 99%. Από την άλλη πλευρά, η Λιανική Τραπεζική και οι Υπηρεσίες διαμεσολάβησης σε πελάτες λιανικής αποδείχθηκαν ότι είναι οι λιγότερο επικίνδυνοι ET, στο 99% με μέγεθος απωλειών 8 εκατ. € και 11 εκατ. € σύμφωνα το μέτρο Value-At-Risk και για το GPS_{MS} 17 εκατ. € και 27 εκατ. € αντίστοιχα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Σύνοψη

Ο Λειτουργικός Κίνδυνος αποτελεί αναμφίβολα έναν από τους σημαντικότερους κινδύνους που απασχολεί κάθε χρηματοπιστωτικό οργανισμό. Οι Τραπεζικοί οργανισμοί πρέπει να αναπτύξουν τη μέτρηση και τον έλεγχο του Λειτουργικού Κινδύνου σύμφωνα με τις υποδείξεις της Συνθήκης της Βασιλείας II που υποχρεώνει τα τραπεζικά ιδρύματα να ακολουθήσουν κανόνες ώστε να διασφαλισθεί η παγκόσμια οικονομική ευμάρεια. Κάνοντας έλεγχο και μέτρηση Λειτουργικού κινδύνου ένας οργανισμός μπορεί να έχει προειδοποίηση κατά πόσο υπάρχει ή όχι απειλή για την ομαλή λειτουργία του.

Πλέον όλα τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα έχουν εγκαταστήσει διεργασίες διαχείρισης Λειτουργικού Κινδύνου, όχι μόνο γιατί τους επιβάλλεται από τις εποπτικές αρχές αλλά και διότι έχει διαπιστωθεί η ανάγκη μιας τέτοιας διαχείρισης.

Τα πιστωτικά ιδρύματα είδαμε ότι μπορούν να υπολογίζουν τις κεφαλαιακές απαιτήσεις έναντι του λειτουργικού κινδύνου στηριζόμενοι σε τρεις προσεγγίσεις:

- α. την Προσέγγιση του Βασικού Δείκτη,
- β. την Τυποποιημένη Προσέγγιση,
- γ. τις Εξελιγμένες Προσεγγίσεις Μέτρησης.

Η προσέγγιση που επιλέγεται θα πρέπει να είναι ανάλογη με την πολυπλοκότητα και το μέγεθος των κινδύνων που αναλαμβάνει το πιστωτικό ίδρυμα. Τα πιστωτικά ιδρύματα τα οποία χρησιμοποιούν την Τυποποιημένη Προσέγγιση ή τις Εξελιγμένες Προσεγγίσεις Μέτρησης δεν επιτρέπεται να επανέλθουν στη χρήση απλούστερης προσέγγισης.

Αναφέραμε δυο μέτρα μέτρησης του Λειτουργικού Κινδύνου το VaR, το οποίο εκτιμά τη μέγιστη ζημιά που είναι δυνατόν να υποστούμε σε μια χρονική περίοδο με συγκεκριμένη πιθανότητα και το ES που είναι ένα συνεπές μέτρο και μας πληροφορεί για τις ζημιές που έχουν ξεπεράσει το VaR. Για τον υπολογισμό αυτών των μέτρων είναι αναγκαία η εύρεση κατάλληλων κατανομών που να προσαρμόζονται κατάλληλα σε απώλειες Λειτουργικού Κινδύνου. Στη συνέχεια κρίθηκε απαραίτητη η παρουσίαση και η γενίκευση μοντέλων πιθανοτήτων και η αναφορά στην Θεωρία Ακραίων Τιμών, προκειμένου να έχουμε μια θεωρητική εικόνα για τις ζημιές υψηλού μεγέθους, δηλαδή τις ακραίες ζημιές που ναι μεν εμφανίζονται με μικρή συχνότητα ωστόσο αποτελούν

μεγαλή απειλή για κάθε χρηματοοικονομικό οργανισμό.

Όπως έγινε αντιληπτό απο την εφαρμογή σε δεδομένα Λειτουργικού Κινδύνου, μόνο κατανομές με βαριά ουρά μπορούν να προσαρμοστούν ικανοποιητικά σε δεδομένα Λειτουργικού Κινδύνου. Πιο συγκεκριμένα στην εφαρμογή ενός συνόλου που αφορούσε στοιχεία Λειτουργικών Κινδύνων για 89 Τράπεζες ανά Επιχειρηματικό Τομέα, στόχος ήταν να δούμε ποιες κατανομές προσαρμόζεται κατάλληλα στα δεδομένα μεγέθους Λειτουργικών Κινδύνων τόσο στο σώμα όσο και στην ουρά της κατανομής. Δόθηκε περισσότερη σημασία στις ζημιές μεγάλου μεγέθους διότι όπως αναφέραμε σε θεωρητικό επίπεδο, ναι μεν συμβαίνουν με μικρή συχνότητα ωστόσο αποτελούν μια απειλή για τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η Gumbel και η λογαριθμοκανονική είναι οι κατανομές που ταιριάζουν καλύτερα τα δεδομένα κάθε επιχειρηματικού τομέα (ET). Ωστόσο οι δύο αυτές κατανομές δεν επαρκούσαν και δεν ήταν εξίσου κατάλληλες για την περιγραφή ακραίων γεγονότων. Αναζητήθηκε ένα γενικευμένο μοντέλο πιθανοτήτων που να εκτιμά επαρκώς τα δεδομένα στην ουρά της κατανομής. Κατάλληλο μοντέλο που κρίθηκε ότι προσαρμόζεται κατάλληλα στα ακραία γεγονότα ήταν η Γενικευμένη Κατανομή Pareto. Τέλος, υπολογίστηκαν τα δυο μέτρα κινδύνων Value-At-Risk και το Median Shotfall στην ουρά της κατανομής.

Βιβλιογραφία

1. Σύνδεσμος Εμπορικών Τραπεζών Κύπρου (2007), *Βασιλεία II και Λειτουργικός Κίνδυνος*
2. Acerbi C., Tasche D., (2001), *Expected Shortfall: a natural coherent alternative to Value at Risk*, Economic Notes
3. Anderson, T.W and Darling, DA (1954) , *A test for Goodness of fit*, Journal of The American Statistical Association, 49(268), 765-769
4. Artzner,P., Delbaen,F., Eber,J. and Heath, D. (1999), *Coherent Measures of Risk*, Mathematical Finance,9,203-228
5. Bank for International Settlement (2003), *The 2002 Loss Data Collection Exercise for Operational Risk:Summary of the data collected*, Basel Committee on Banking Supervision, Basel
6. Bank for International Settlement (2006), *Basel Committee on Banking International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: A Revised Framework - Comprehensive Version*, Basel
7. Bank for International Settlement (2006), *International convergence of capital measurement and capital standards*, Basel Committee on Banking Supervision, Basel
8. Boutsikas Michael (2008), *Extreme Value Theory*, Σημειώσεις για το ΠΙΜΣ στην Αναλογιστική Επιστήμη και Διοικητική Κινδύνου
9. Chavez-Demoulin V. and Embrechts P. (2004), *Advanced extremal models for operational risk*
10. Chernobai, A.S., Rachev, S.T., and Fabozzi F.J. (2007), *Operational Risk: A Guide to Basel II Capital Requirements, Models, and Analysis* , John Wiley & Sons
11. Coles, S. (2001), *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*, Springer
12. Davison, A.C. and Smith, R.L., (1990), Models for exceedances over high thresholds (with discussion), *Journal of the Royal Statistical Society*, 52(3), 393-442.
13. Embrechts P., Kluppelberg, T.Mikosch (1997), *Modelling Extremal Events for Insurance and Finance*, Springer

14. Gilli M.,Kellezi E. (2006), An Application of Extreme Value Theory for measuring Financial Risk, *Article Published in Computational Economics*, 27(1), 1-23
15. Huang CK. (2015), *Extreme Risk, Value-At-Risk And Expected Shortfall In the Gold Market* , International Business & Economics Research Journal, Volume 14, Number 1, 109-113
16. Jaitly R. (2016), *Practical Operational Due Diligence and Hedge Funds*, Wiley
17. Karam, E. Planchet, F. (2012), *Operational Risks in Financial Sectors*, Advances in Decision Sciences, Vol. 2012, Article ID 385387, 57 pages
18. Kotz S., and Nadarajah, S. (2000), *Extreme Value Distributions: Theory and Applications*, Imperial College Press
19. McNeil,J.A.,R. and Embrechts, P. (2005), *Quantitative Risk Management, Princeton Series in Finance*, Princeton University Press
20. Moscadelli,M. (2004), *The modeling of operational risk:experience with analysis of the data collected by the Basel Committee*, Technical Report, Banca d'Italia, no 517
21. Paul Monthe (2007), *How Nick Leeson caused the collapse of Barings Bank*, Next Finance, Article
22. Portfolio Probe (2012), *The basics of value at risk and Expected Shortfall*
23. Rao A.R. Hamed K.H. (2000), *Flood frequency Analysis*, CRC Press
24. Reiss, R. and Thomas, M., (2001), *Statistical Analysis of Extreme Values*, 2a edition, Basel, Birkhauser.
25. SimpliLearn (2012), *Financial Risk and Its Types*, Article
26. Terpezan Tobará O.A, *The importance of Value at Risk method in the management of banking risk*, *PhD Management – third year The Bucharest Academy of Economic Studies*, 590-598
27. Viviana Fernandez (2003), *Extreme value theory and value at risk*, *Revista de Análisis Económico*, Vol. 18, N° 1