



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

**Διαχείριση Κινδύνου: Εμπειρική Διερεύνηση των Υποδειγμάτων
Διαχείρισης Πιστωτικού Κινδύνου**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΚΟΝΤΟΝΑΣΙΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ

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

Αθήνα, Ιούλιος 2018



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Διαχείριση Κινδύνου: Εμπειρική Διερεύνηση των Υποδειγμάτων Διαχείρισης Πιστωτικού Κινδύνου

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΚΟΝΤΟΝΑΣΙΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ

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

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

(Υπογραφή)

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

(Υπογραφή)

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

(Υπογραφή)

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

Αθήνα, Ιούλιος 2018

(Υπογραφή)

.....

ΚΟΝΤΟΝΑΣΙΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

© 2018 – All rights reserved

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ι. Κολέτσο, για την ανάθεση αυτής, για τη δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με το αντικείμενο της διαχείρισης κινδύνων, το οποίο είναι ένα αντικείμενο που δεν καλύπτεται στα πλαίσια των μαθημάτων της Σχολής, για την επαφή στην οποία με έφερε με αξιόλογους επιστήμονες του κλάδου, αλλά και για την υπομονή, την καθοδήγηση και τη συμβολή του στην εκπόνησή της.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Γρ. Μπιτζή, διακεκριμένου οικονομικού αναλυτή και διαχειριστή κεφαλαίων σε εταιρείες της Ελλάδας και του εξωτερικού, για την καθοδήγηση και τη συμβολή του στην εκπόνηση της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που με υποστήριξαν, και ιδιαιτέρως την οικογένεια μου για τη βοήθεια και τη συμπαράστασή τους, καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια η παγκόσμια οικονομική κρίση, που ξεκίνησε σε ένα βαθμό από την κρίση στις χρηματοοικονομικές αγορές, οδήγησε ένα μεγάλο κομμάτι του ακαδημαϊκού και επιχειρηματικού κλάδου να αναγνωρίσει τη βαρύτητα της έννοιας του κινδύνου και την ανάγκη διεξοδικότερης ανάλυσης αυτού. Η παρούσα εργασία εστιάζει στην ανάλυση των σύγχρονων εργαλείων που έχουν αναπτυχθεί για τη διαχείριση του χρηματοοικονομικού κινδύνου και ειδικότερα ενός είδους του, του πιστωτικού κινδύνου.

Πραγματοποιήθηκε σε αυτό το πλαίσιο βιβλιογραφική ανασκόπηση για την αναλυτική παρουσίαση των διαφόρων ειδών των χρηματοοικονομικών κινδύνων, αλλά και των μεθόδων που ακολουθούνται για την αποτελεσματική διαχείρισή τους. Τελικός σκοπός της εργασίας είναι η μύηση αναγνωστών που δεν έχουν έρθει σε επαφή με το αντικείμενο, να γνωρίσουν τον συγκεκριμένο κλάδο και τις διαφορετικές μορφές κινδύνου σε αρχικό στάδιο, ενώ στη συνέχεια γίνεται διεξοδική αναφορά στα περισσότερα μαθηματικά μοντέλα και υποδείγματα που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση του πιστωτικού κινδύνου. Μετά την παρουσίαση της πλήρους μεθοδολογίας διαχείρισης τέτοιων κινδύνων πραγματοποιείται σύγκριση των μοντέλων.

Μέσα από την ανάλυση των παραπάνω μοντέλων, ο αναγνώστης γνωρίζει τα δομικά στοιχεία του κάθε μοντέλου και μπορεί να αποφασίσει ποιο μοντέλο προσεγγίζει τον κίνδυνο που θέλει να εξετάσει καλύτερα. Για την ολοκλήρωση του σκοπού της εργασίας, το τελευταίο κεφάλαιο περιέχει εφαρμογές δύο μοντέλων από αυτά που αναλύονται στην παρούσα εργασία.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Διαχείριση Κινδύνου, Πιστωτικός Κίνδυνος, Ανάλυση Χαρτοφυλακίου, Μοντέλα Μειωμένης Μορφής, KPMG's Loan Amalysis System, Kamakura's Risk Manager, Value at Risk, J&P Morgan's CreditMetrics, CreditPortfolioView, Ανάλυση Θνησιμότητας, CSFP CreditRisk+

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Η έννοια του Κινδύνου.....	1
1.2 Διαχείριση Κινδύνου και η εφαρμογή της σε διαφορετικά περιβάλλοντα.....	2
1.2.1 Ο κίνδυνος στο επιχειρηματικό περιβάλλον.....	2
1.2.2 Διαχείριση Κινδύνου και ασφαλιστικοί οργανισμοί.....	5
1.2.3 Διαχείριση Κινδύνου στον τομέα παραγωγής.....	11
1.2.4 Διαχείριση Κινδύνου και κοινωνικές προεκτάσεις.....	16
2. ΚΕΦΑΛΑΙΑΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΤΡΑΠΕΖΩΝ (ΒΑΣΙΛΕΙΑ I, II, III).....	20
2.1 Εποπτεία Τραπεζικών Συστημάτων.....	20
2.2 ΒΑΣΙΛΕΙΑ I.....	22
2.3 ΒΑΣΙΛΕΙΑ II.....	23
2.4 ΒΑΣΙΛΕΙΑ III.....	26
3. ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΙΣΤΩΤΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ.....	28
3.1 Μοντέλα Μειωμένης Μορφής (Reduced Form Models).....	29
3.1.1 Μοντέλο LAS (KPMG'S Loan Analysis System).....	29
3.1.2 Μοντέλο KRM (Kamkura's Risk Manager).....	35
3.2 Value at Risk (VaR) Μοντέλα.....	38
3.2.1 VaR (Value at Risk).....	38
3.2.2 CreditMetrics.....	45
3.3 Η Μακροοικονομική προσέγγιση CreditPortfolio View – CPV.....	53
3.3.1 CPV – Macro.....	58
3.3.2 CPV – Direct.....	60
3.4 Ασφαλιστική Προσέγγιση.....	64
3.4.1 Ανάλυση Θνησιμότητας.....	64
3.4.2 CSFP CreditRisk+	69
4. STRESS TESTS.....	80
Μεθοδολογία Concurrent Stress Testing.....	81
Περιορισμοί της μεθόδου.....	85
5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	86
5.1 Διαχείριση κινδύνου στον δείκτη S&P 500: Υπόδειγμα GARCH(p,q).....	86
5.2 Διαχείριση κινδύνου εταιρειών του δείκτη S&P 500: Υπόδειγμα CreditMetrics.....	104
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – Σύνοψη και Σύγκριση Μοντέλων.....	118
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	123

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για κάθε οργανισμό που λειτουργεί και αλληλεπιδρά στα πλαίσια της κοινωνίας, της οικονομίας και της παγκόσμιας αγοράς, είναι υπαρκτή η πιθανότητα να έρθει αντιμέτωπος καθημερινά με μη αναμενόμενα γεγονότα, τα οποία μπορεί να έχουν είτε θετικά είτε αρνητικά αποτελέσματα. Η πιθανότητα εμφάνισης μη αναμενόμενων γεγονότων αποκαλείται κίνδυνος και θα αναλυθεί στα επόμενα κεφάλαια.

1.1 Η έννοια του Κινδύνου

Ο όρος “κίνδυνος” είναι μία πολυδιάστατη έννοια. Η επιστημονική βιβλιογραφία περιλαμβάνει διάφορους και ποικίλους ορισμούς και ερμηνείες που προσπαθούν να τον προσδιορίσουν. Η ασάφεια αυτή προκύπτει από το μεγάλο εύρος των επιστημονικών πεδίων στα οποία έχει εφαρμογή και έτσι ο ορισμός του αλλάζει ανάλογα το περιεχόμενο.

Για παράδειγμα, στην πιο γενική του μορφή *“ως κίνδυνος εκλαμβάνεται μία κατάσταση η οποία θέτει ένα ποσοστό απειλής για τη ζωή, την υγεία, την ιδιοκτησία ή το περιβάλλον”*. Σε επιχειρηματικό περιβάλλον, *“Ο κίνδυνος εκφράζει την αβεβαιότητα για μελλοντικές καταστάσεις, εξελίξεις, των οποίων τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να επηρεάσουν την επίτευξη των βραχυπρόθεσμων και μακροχρόνιων στόχων της επιχείρησης”*¹ ενώ σε χρηματοοικονομικό περιβάλλον *“κίνδυνος ορίζεται η μεταβλητότητα των δυνητικών αποτελεσμάτων μιας επένδυσης γύρω από την αναμενόμενη τιμή ή τον αριθμητικό τους μέσο”*. Σε κάθε περιβάλλον, ο κίνδυνος δεν έχει αυστηρά αρνητική έννοια, αν και συνήθως τα θετικά του στοιχεία αναφέρονται ως “ευκαιρίες”.

Για την καλύτερη κατανόηση της έννοιας, θα ασχοληθούμε πιο αναλυτικά με τον κίνδυνο και την ανάγκη διαχείρισής του, δίνοντας έμφαση στην χρήση του στο επιχειρηματικό περιβάλλον, στον τομέα των ασφαλειών, στη γραμμή παραγωγής και θα εξετάσουμε τις κοινωνικές του προεκτάσεις.

1 Γαλανάκης, Γεωργίου, Καλδής, Λεοντιάδης, Πολίτης (2003), “RISK MANAGEMENT”, ΑΣΟΕ σελ. 8.

1.2 Διαχείριση Κινδύνου και η εφαρμογή της σε διαφορετικά περιβάλλοντα

1.2.1 Ο κίνδυνος στο επιχειρηματικό περιβάλλον

Το σύνολο της διαδικασίας της διαχείρισης κινδύνου βασίζεται, σε θεωρητικό επίπεδο, στην **θεωρία του κινδύνου**, μια επιστημονική προσέγγιση πάνω στην έννοια του κινδύνου. Η θεωρία αυτή, που αναπτύχθηκε σε μεγάλο βαθμό με τον συγκερασμό μαθηματικών (θεωρίας πιθανοτήτων), πρωτίστως, και κοινωνικών επιστημών, προσεγγίζει έννοιες πολύ δύσκολες σε σύλληψη και προσδιορισμό, όπως η αβεβαιότητα και ο κίνδυνος. Στην θεωρία κινδύνου, ο προτεινόμενος τρόπος προσέγγισης της διαδικασίας αντιμετώπισης του κινδύνου γίνεται με το τρίπτυχο, γνωστό και ως ανάλυση κινδύνου:

- προσδιορισμός, (αναγνώριση, μέτρηση και διαχωρισμός προτεραιοτήτων),
- διαχείριση και
- επικοινωνία (δηλαδή με την υπόδειξη της εφαρμογής της διαχείρισης σε όλους τους ενδιαφερόμενους).

Η αντιμετώπιση του κινδύνου, σε θεωρητικό επίπεδο γίνεται με την ανάπτυξη και χρήση κατάλληλων μοντέλων τα οποία στοχεύουν στο να προσεγγίσουν μια πραγματικότητα. Οι κυριότερες κατηγοριοποιήσεις αυτών των μοντέλων είναι τα στατιστικά μοντέλα, τα στοχαστικά μοντέλα και τα σενάρια, αλλά σε αυτά θα αναφερθούμε πιο αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.

Οι πηγές εμφάνισης του κινδύνου στο επιχειρησιακό περιβάλλον αναλύονται σε δύο βασικές κατηγορίες, σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία. Σε αυτούς που προέρχονται από την ίδια τη λειτουργία της επιχείρησης, ενδογενείς κίνδυνοι, και σε αυτούς που προέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον, εξωγενείς κίνδυνοι. Άλλες κατηγοριοποιήσεις είναι οι διαρκείς ή παροδικοί κίνδυνοι, οι επιτακτικοί ή μη επιτακτικοί και οι μοναδικοί ή επαναλαμβανόμενοι.

Ανάλογα το είδος του κινδύνου, τα μέτρα αντιμετώπισης του κινδύνου διαχωρίζονται σε τεχνικά (π.χ. επιθεωρήσεις μηχανολογικού εξοπλισμού), οικονομικής υφής (π.χ. διατήρηση αποθεματικών για την αντιμετώπιση των οικονομικών μεταβολών) και διοικητικά (π.χ. διαρκείς έρευνες αγοράς).

Ο κίνδυνος στο χρηματοοικονομικό τομέα

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες χρηματοοικονομικού κινδύνου από τις οποίες οι κυριότερες περιλαμβάνουν:

- τον κρατικό κίνδυνο,

- τον κίνδυνο της αγοράς,
- τον πιστωτικό κίνδυνο και κίνδυνο μη εκπλήρωσης των συμφωνηθέντων από τον αντισυμβαλλόμενο και
- τον κίνδυνο ρευστότητας.

Οι κρατικοί κίνδυνοι περιλαμβάνουν τις διακυμάνσεις στο οικονομικό περιβάλλον μιας χώρας (οικονομικοί), πολιτικά γεγονότα που μπορούν να διαταράξουν τις δραστηριότητες μιας επιχείρησης, όπως πόλεμοι, πραξικοπήματα, κλπ (πολιτικοί), και αποφάσεις που μπορεί να πάρουν όργανα τις πολιτείας και να έχουν επίδραση στην επιχειρηματική δραστηριότητα των εταιρειών (νομικοί/ρυθμιστικοί).

Οι κίνδυνοι από την πορεία και διαμόρφωση των τιμών (κίνδυνοι αγοράς) πηγάζουν από αυξήσεις στις τιμές των πρώτων υλών, των αποθεμάτων και των εμπορευμάτων, μεταβολή της αξίας μετοχών του χαρτοφυλακίου μιας εταιρείας, τη μεταβολή στην τιμή των επιτοκίων καθώς και τη μεταβολή στις συναλλαγματικές ισοτιμίες.

Ο πιστωτικός κίνδυνος αναφέρεται κυρίως σε επιχειρήσεις που παρέχουν πίστωση ή χορηγούν δάνεια και άρα αντιμετωπίζουν το ενδεχόμενο μη είσπραξης των χρεών με αποτέλεσμα τη ζημία. Πηγάζουν από τη μη εκπλήρωση των συμφωνηθέντων από το αντισυμβαλλόμενο μέρος, εξ ου και κίνδυνος αντισυμβαλλόμενου. Στον αντίποδα, βρίσκεται ο κίνδυνος ρευστότητας, ο οποίος σχετίζεται με την αδυναμία μιας επιχείρησης να εκπληρώσει τις οφειλές της.

Το Χρηματοοικονομικό Risk Management

Σύμφωνα με τον Charles Smithson, “Χρηματοοικονομικό Risk Management είναι η διαδικασία αναγνώρισης, μέτρησης και αντιμετώπισης του ενδεχομένου ή της πιθανότητας πραγματοποίησης χρηματικής απώλειας”².

Η επιχείρηση οφείλει να αναγνωρίσει τους κινδύνους στους οποίους είναι εκτεθειμένη και να προσδιορίσει ποια στοιχεία επηρεάζονται και πως. Στη συνέχεια, να προβλέψει τις μεταβολές εκείνων των παραγόντων, η διακύμανση των οποίων την θέτει σε κίνδυνο και τέλος να μετρήσει τον κίνδυνο ώστε να μπορεί να καθοριστεί ποιες θα είναι οι συνέπειες στη χρηματική ροή της. Οι πιο διαδεδομένοι τρόποι πρόβλεψης είναι η μέθοδος των Δελφών³, η μη ποσοτική ανάλυση και η στατιστική ανάλυση.

² Smithson W. Charles, “Managing Financial Risk”, McGraw-Hill, NY, 1998, σελ. 3

³ Με τη μέθοδο των Δελφών ερωτώνται ειδικοί, μέσα και έξω από την εταιρεία να προβλέψουν τις μελλοντικές κινήσεις των μεγεθών που την ενδιαφέρουν

Όσον αφορά τις μεθόδους μέτρησης του μεγέθους του κινδύνου, υπάρχει πληθώρα τέτοιων, όπως η ανάλυση κενού, η ανάλυση διάρκειας, η στατιστική ανάλυση, η ανάλυση σεναρίων και η μέθοδος Value at Risk. Μία σύνοψη τεχνικών θεωριών θα γίνει σε επόμενο κεφάλαιο.

Θεωρία Χαρτοφυλακίου

Ο όρος χαρτοφυλάκιο έχει την έννοια μιας συλλογής από ομοειδή στοιχεία⁴. Ένας πιο χρηματοοικονομικός ορισμός ονομάζει χαρτοφυλάκιο μια συλλογή περιουσιακών στοιχείων που βρίσκονται στην κυριότητα μιας οικονομικής μονάδας. Ένα χαρτοφυλάκιο συνήθως αποτελείται από τοποθετήσεις σε πολλά διαφορετικά στοιχεία με διαφορετικές αποδόσεις και διαφορετικούς κινδύνους. Αυτό γίνεται στο πλαίσιο της θεωρίας του χαρτοφυλακίου, η οποία εστιάζει στην αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών κινδύνου μέσα σε ένα χαρτοφυλάκιο με στόχο να βελτιώσει τη συνολική απόδοσή του. Στην απόφαση για τη διαμόρφωση ενός αποδοτικού χαρτοφυλακίου μια επιχείρηση επιλέγει στοιχεία με σκοπό τη μεγιστοποίηση της απόδοσης και την ελαχιστοποίηση του κινδύνου, ή την επίτευξη ενός συνδυασμού απόδοσης-κινδύνου κατάλληλου για τις ανάγκες της. Ο κίνδυνος από ένα στοιχείο δεν λαμβάνεται ως κίνδυνος που βαρύνει το ίδιο το στοιχείο, αλλά πως επιδρά αυτός ο κίνδυνος στο σύνολο του κινδύνου του χαρτοφυλακίου. Με την επιλογή στοιχείων που αλληλεπιδρούν με τον κατάλληλο τρόπο μεταξύ τους, λοιπόν, είναι δυνατόν να περιοριστεί ο κίνδυνος ενός χαρτοφυλακίου και άρα να αντιμετωπιστεί.

⁴ Elton J. Edwin, Gruber J. Martin, "Modern Portfolio Theory and Investment Analysis", John Wiley & Sons Inc., New York, 1999, σελ. 2

1.2.2 Διαχείριση Κινδύνου και ασφαλιστικοί οργανισμοί

Σε αυτή την ενότητα θα αναφερθούμε στη διαχείριση κινδύνου στον τομέα των ασφαλειών. Ο λόγος για αυτή την αναφορά έγκειται στο γεγονός ότι η ιδέα και η θεωρία της διαχείρισης κινδύνου βρίσκεται στον πυρήνα της μελέτης των ασφαλειών. Κάθε πλευρά της ασφάλισης υποδηλώνει έναν ισχυρό δεσμό με τη θεωρία κινδύνου. Αρχικά, θα περιγράψουμε τη βιομηχανία των ασφαλειών στη σημερινή εποχή, στη συνέχεια θα μελετήσουμε τις ενέργειες των ασφαλιστών για να μειώσουν τις ζημιές και να αυξήσουν τα κέρδη τους και καταληκτικά, θα γίνει αναφορά στα χαρακτηριστικά των ασφαλιστικών κινδύνων.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα την ασφαλιστική βιομηχανία, θα ξεκινήσουμε την ανάλυσή μας με κάποια στατιστικά στοιχεία που θα μας δώσουν μια αίσθηση του τρόπου λειτουργίας της συγκεκριμένης βιομηχανίας.

Θέση	Χώρα	Ασφάλιστρα για ασφάλειες ζωής (σε \$)	Λοιπά Ασφάλιστρα (σε \$)	Συνολικά Ασφάλιστρα (σε \$)	Ποσοστά επί των παγκοσμίων ασφαλιστρών
1	Αμερική	528,221	752,222	1,280,443	26.80%
2	Ιαπωνία	371,558	108,174	479,762	10.04%
3	Ην. Βασίλειο	235,321	115,945	351,266	7.35%
4	Κίνα	176,950	151,490	328,439	6.90%
5	Γαλλία	172,761	97,759	270,520	5.66%
6	Γερμανία	118,475	136,170	254,644	5.33%
7	Ιταλία	145,292	49,443	194,735	4.08%
8	Ν. Κορέα	101,572	57,943	159,515	3.34%
9	Καναδάς	52,138	73,235	125,373	2.62%
10	Ολλανδία	21,855	74,100	95,956	2.01%

TOP 10 COUNTRIES BY LIFE AND NONLIFE DIRECT PREMIUMS WRITTEN, 2014⁵

⁵ Swiss Reinsurance Company, "Sigma", Απρίλιος 2015

Ο παραπάνω πίνακας περιέχει τα ασφάλιστρα που εισέπραξαν οι ασφαλιστικές εταιρείες ανά τον κόσμο από νέες ασφαλίσεις⁶ το έτος 2015. Μια πρώτη παρατήρηση είναι ότι οι ασφάλειες κατηγοριοποιούνται σε ασφάλειες ζωής και λοιπές ασφάλειες με σχεδόν ίδια συγκέντρωση χρημάτων, οπότε φυσικά προκύπτει και ο αντίστοιχος διαχωρισμός των ασφαλιστών σε ασφαλιστές που δημιουργούν ασφάλειες ζωής και σε αυτούς που δημιουργούν άλλες ασφάλειες. Το καθεστώς αυτό ισχύει στις περισσότερες χώρες πλην της Αμερικής, η οποία ακολουθεί δικό της καθεστώς.

Η διαδικασία δημιουργίας ασφάλισης επηρεάζεται από ένα πλήθος επιχειρηματικών παραγόντων. Η διαδικασία αυτή αποφασίζει ποιοι από αυτούς που έχουν κάνει αίτηση πληρούν τις προϋποθέσεις για ασφαλιστική κάλυψη. Οι προϋποθέσεις αυτές περιέχουν μερικά κοινά σημεία από ασφαλιστή σε ασφαλιστή, αλλά τελικά καθορίζονται εξ ολοκλήρου από τα κριτήρια ασφάλισης που ο κάθε ασφαλιστής έχει θέσει.

Ο σκοπός της παραπάνω διαδικασίας είναι να ελέγξει δυσμενείς επιλογές και να συγκεντρώσει μια ομάδα ασφαλισμένων που η ενδεχόμενη ζημιά τους να είναι ομοιογενής. Σε αυτή την περίπτωση το ασφάλιστρο θα είναι το ίδιο για όλους. Όταν μια αυστηρή πολιτική ασφάλισης δημιουργεί μία ομάδα ασφαλισμένων με μικρή πιθανότητα ζημιάς, τα μέλη της ομάδας κερδίζουν έχοντας μειωμένα ασφάλιστρα.

Η παραπάνω μεθοδολογία είναι ένα αποτέλεσμα της διαχείρισης κινδύνου.

Σε συνέχεια τη παραπάνω ανάλυσης, θα πρέπει να αναγνωρίσουμε δύο στοιχεία αυτής της διαδικασίας. Πρώτον, ότι μεγάλος βαθμός αβεβαιότητας για τον ασφαλιστή είναι πιθανό να αυξήσει την τιμή της ασφάλισης και δεύτερον ότι όσο πιο ποιοτικές πληροφορίες έχει ο ασφαλιστής για να αξιολογήσει την έκθεση σε κίνδυνο, τόσο πιο πιθανό είναι ότι η τιμή της ασφάλισης καθρεφτίζει την αληθινή αναμενόμενη αξία των απαιτήσεων. Καταλήγουμε, λοιπόν, στο συμπέρασμα ότι η ασφάλιση είναι ένα προϊόν για το οποίο το κόστος των αγαθών που πωλούνται δεν είναι γνωστό τη στιγμή που γίνεται η τιμολόγηση. Η προσπάθεια για υπολογισμό του κόστους είναι πολύ δύσκολη και για το λόγο αυτό ανατίθεται σε άτομα με προχωρημένες γνώσεις μαθηματικών, στατιστικής και οικονομικών, οι οποίοι μπορούν να τιμολογήσουν με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι και ανταγωνιστικοί.

Αντίστοιχα, υπηρεσίες όπως η επιθεώρηση και αποτροπή ζημιών μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό μέρος της ασφαλιστικής κάλυψης μιας οντότητας, διότι η χρήση τους μπορεί να μειώσει σημαντικά τα ασφάλιστρα. Από την πλευρά του ασφαλιστή, η αποδοτικότητα του ελέγχου ζημιών μέσω υπηρεσιών μπορεί να αξιολογηθεί μέσω της σύγκρισης των μειωμένων ασφαλιστικών απαιτήσεων έναντι του

⁶ Οι νέες ασφαλίσεις δεν περιλαμβάνουν ανανεώσεις ήδη υπαρχόντων ή αλλαγές ασφαλιστικής εταιρείας

κόστους των διαδικασιών που χρειάζονται για τη μείωση των ζημιών.

Ένα άλλο ζήτημα που προκύπτει κατά τη δημιουργία ασφάλειας είναι η διασφάλιση των κεφαλαίων των ασφαλιστικών οργανισμών. Μία συνηθισμένη τακτική για την αύξηση των κεφαλαίων, είναι η επένδυση των ασφαλιστρών, τα οποία σε τέτοιες περιπτώσεις καταβάλλονται προκαταβολικά της απαίτησης για πληρωμή ζημίας από τον ασφαλιστή, ώστε τα έσοδα από επένδυση αυτών των κεφαλαίων να αυξάνουν τις διαθέσιμες πηγές για πληρωμή των απαιτήσεων. Αυτή η στρατηγική, φυσικά, είναι άλλος ένας παράγοντας που επηρεάζει την τιμολόγηση των ασφαλιστικών υπηρεσιών.

Τελικό στάδιο της διαδικασίας ασφάλισης είναι η ρύθμιση των ζημιών. Σε αυτό το στάδιο αποφασίζεται το επίπεδο της αποζημίωσης για κάποια απαίτηση. Το ασφαλιστικό συμβόλαιο δημιουργεί μόνο τη νομική υποχρέωση του ασφαλιστή για αποζημίωση της καλυπτόμενης απαίτησης. Το ύψος της αποζημίωσης επηρεάζεται σημαντικά από τις διοικητικές τακτικές του κάθε ασφαλιστή. Μια διοικητική διαδικασία που απαιτεί τυπικά νομικά στοιχεία και αποτίμηση για κάθε στοιχείο της κατεστραμμένης περιουσίας μεγαλώνει τη διάρκεια της διαδικασίας αποζημίωσης και μικραίνει το επίπεδο της αποζημίωσης σε σύγκριση με μια διαδικασία που απαιτεί λιγότερες λεπτομέρειες.

Η διαδικασία της ασφάλισης ενέχει και η ίδια κινδύνους οι οποίοι είναι σημαντικοί. Για να τους αντιμετωπίσουν, οι ασφαλιστές αποφεύγουν να δημιουργήσουν κάλυψη η οποία κάνει τον ασφαλισμένο καλύτερο μετά από ένα ασφαλιστικό γεγονός σε σύγκριση με την περίπτωση που δεν δημιουργείται ζημιά.

Για να είναι ιδανικός για ασφάλιση ένας κίνδυνος πρέπει να είναι “ελκυστικός”, δηλαδή να έχει ζήτηση και να μπορεί να αποφέρει κέρδος. Αυτή όμως δεν είναι η μόνη προϋπόθεση. Για να καθοριστεί το πόσο καλός για ασφάλιση είναι ένας κίνδυνος, υπάρχουν τέσσερις προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται σύμφωνα με τον C. Arthur Williams:

- Πρώτη προϋπόθεση είναι να έχει ζήτηση και να αποφέρει κέρδη. Πρέπει ένας μεγάλος αριθμός μονάδων προς ασφάλιση να είναι ξεχωριστά και πανομοιότυπα εκτεθειμένος στον κίνδυνο, του οποίου η σημαντικότητα είναι αρκετά μεγάλη για να δημιουργήσει ενδιαφέρον για ασφάλιση ανάμεσα στα άτομα που είναι υπεύθυνα για τις μονάδες. Ο μεγάλος αριθμός μονάδων απαιτείται για έναν ακριβή υπολογισμό της αναμενόμενης αξίας της ζημιάς. Η σημαντικότητα του κινδύνου εξασφαλίζει την ύπαρξη ζήτησης για την αγορά ασφαλιστικής κάλυψης.

Έτσι, όσο πιο ανεξάρτητοι είναι οι κίνδυνοι μεταξύ τους και όσο περισσότερο το ασφάλιστρο υπερβαίνει την αναμενόμενη αξία της ζημιάς, οι πηγές του ασφαλιστή για αποζημίωση τείνουν να μεγαλώνουν με

μεγαλύτερο ρυθμό και ο κίνδυνος που αναλαμβάνει μειώνεται.

- Δεύτερη προϋπόθεση είναι η ακρίβεια των ασφαλίσεων. Η ζημιά πρέπει να είναι καθορισμένη ή αποφασισμένη στο χρόνο, στο μέρος, την αιτία και το ποσό. Η ασάφεια στον ορισμό της ζημιάς θα δημιουργούσε φιλονικία με απαιτητές ή άλλα προβλήματα προσαρμογής των ζημιών, τα οποία είναι κοστοβόρες διαδικασίες για τον ασφαλιστή και τον ασφαλισμένο.

- Τρίτη προϋπόθεση είναι η αναμενόμενη ζημιά να μπορεί να μετρηθεί μετά από ένα λογικό χρονικό διάστημα. Η συνθήκη ότι η αναμενόμενη ζημιά πρέπει να είναι υπολογίσιμη, είναι απαραίτητη ώστε τα ασφάλιστρα να τοποθετηθούν στο επίπεδο που είναι αναγκαίο για να παράγουν με κάποια βεβαιότητα ένα μικρό κέρδος.

- Τέταρτη προϋπόθεση είναι η ζημιά να είναι τυχαία ή απροσδόκητη για τον ασφαλισμένο. Δεν είναι καθόλου κερδοφόρο για τον ασφαλιστή να ασφαλίσει ένα άτομο έναντι κάποιας σκόπιμης ζημιάς ή να ασφαλίσει κάποιον για ζημιές που είναι σίγουρο ότι θα υπάρξουν.

Άλλοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν το ενδιαφέρον του ασφαλιστή για τη δημιουργία νέας ασφάλειας είναι η ικανότητα αυτής να προστατεύσει τον εαυτό της από μεγάλες ζημιές και ο αριθμός των εμποδίων που πρέπει αυτός να ξεπεράσει για να τη δημιουργήσει. Τέτοια εμπόδια μπορεί να είναι νομικά, οικονομικά, σχετικά με τα έθιμα και την παράδοση ή επιχειρηματικά, όπως θέματα ανθρωπίνου δυναμικού και σχέσεων. Συμπερασματικά, ένας κίνδυνος που δεν μπορεί να ασφαλιστεί σήμερα, ίσως να μπορεί να ασφαλιστεί στο μέλλον χάρη σε βελτιώσεις των τεχνικών διαχείρισης κινδύνου, αλλαγές στην κοινωνία και τις απαιτήσεις της ή αλλαγές στην ίδια τη φύση του κινδύνου.

Η διαδικασία της ασφάλισης παρέχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε όσους λαμβάνουν μέρος σε αυτή.

Πλεονεκτήματα

- Παροχή αποζημίωσης.

Ένα πλεονέκτημα που πηγάζει από την ίδια την έννοια της ασφάλισης είναι η οικονομική κάλυψη οποιασδήποτε απρόσμενης ζημιάς ή απώλειας του ασφαλισμένου.

- Μείωση αβεβαιότητας.

Η ασφάλεια μετατοπίζει τις οικονομικές συνέπειες της ζημιάς από τον ασφαλιζόμενο στον ασφαλιστή, ο οποίος στη συνέχεια με διάφορες τεχνικές, όπως τη δημιουργία μεγάλου αριθμού συμβολαίων σε

ανεξάρτητους κινδύνους με κατάλληλη τιμολόγηση των ασφαλιστρων, μειώνει τον κίνδυνο που αναλαμβάνει. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της αβεβαιότητας, η οποία με τη σειρά της οδηγεί σε δημιουργία πρόθεσης για επένδυση και άρα στην πιο εύρυθμη οικονομική δραστηριότητα της κοινωνίας.

- Κεφάλαια για επένδυση.

Τα ασφαλιστρα συνήθως πληρώνονται προκαταβολικά των ζημιών και κρατούνται από τους ασφαλιστές μέχρι και τη στιγμή πληρωμής της απαίτησης. Το χρονικό αυτό προβάδισμα σε συνδυασμό με σωστή πληροφόρηση, δίνει τη δυνατότητα στους ασφαλιστές να επενδύσουν αυτά τα κεφάλαια και να αντισταθμίσουν το κόστος των ασφαλιστικών απαιτήσεων.

- Έλεγχος ζημιών.

Όταν δημιουργηθεί ένα ασφαλιστικό συμβόλαιο, η αποτροπή και η μείωση των ζημιών έχει ως αποτέλεσμα μικρότερες πληρωμές για την κάλυψη των απαιτήσεων. Σαν αποτέλεσμα, μερικοί ασφαλιστικοί οργανισμοί παρέχουν συμβουλές και κίνητρα για τον έλεγχο και τη μείωση της ζημιάς.

- Βοήθεια σε μικρές επιχειρήσεις.

Το πλεονέκτημα της μείωσης της αβεβαιότητας μπορεί να μεταφραστεί και ως αύξηση της αξιοπιστίας του ασφαλιζόμενου σχετικά με τις οικονομικές του υποχρεώσεις απέναντι σε τρίτους, ένα αποτέλεσμα που βοηθά μικρές επιχειρήσεις και ελεύθερους επαγγελματίες να υπερβούν εμπόδια ανασταλτικά για την εύρυθμη λειτουργία τους.

Μειονεκτήματα

Τα βασικότερα μειονεκτήματα είναι δύο:

- Λειτουργικά έξοδα.

Το μειονέκτημα αυτό αναφέρεται σε ασφαλιστές και ασφαλιζόμενους. Οι πρώτοι οφείλουν να λάβουν κοστοβόρα μέτρα για τη μείωση του κινδύνου που λαμβάνουν, ενώ οι δεύτεροι μπορεί να αναγκάζονται να πληρώνουν πολύ ακριβά ασφαλιστρα για μια ζημιά που ποτέ δεν θα συμβεί.

- Ηθικός κίνδυνος.

Η κάλυψη της ασφάλισης ενδέχεται να μειώσει την προσπάθεια του ασφαλισμένου να αποτρέψει ή να μειώσει τη ζημιά και μάλιστα έχουν καταγραφεί χιλιάδες κρούσματα σκόπιμης πρόκλησης ζημιών ή επιδείνωσης αυτών με σκοπό την αύξηση της αποζημίωσης. Από την άλλη μεριά, οι ασφαλιστές για να

αντιμετωπίσουν τέτοια κρούσματα τείνουν να ακολουθούν πολιτική πολύ αυστηρών και χρονοβόρων ελέγχων για την επιβεβαίωση της απουσίας σκοπιμότητας, με αποτέλεσμα μερικές φορές η ζημιά να αυξάνεται εξαιτίας της παρόδου του χρόνου.

Συμπερασματικά, το μέγεθος της ασφαλιστικής βιομηχανίας δείχνει ότι τα πλεονεκτήματα της ασφάλισης είναι πολύ περισσότερα από τα μειονεκτήματα. Στο βαθμό που μπορούν να μειωθούν τα κόστη, τα περιθώρια της βιομηχανίας αυτής μπορούν να επεκταθούν. Επίσης, δεδομένης της υψηλής ανταγωνιστικότητας, δίνεται μεγάλη βάση στις τεχνικές διαχείρισης κινδύνου και τη βελτίωσή τους με αποτέλεσμα, η ασφαλιστική βιομηχανία να συνεισφέρει ενεργά στην επιστήμη της Διαχείρισης Κινδύνου για συγκεκριμένα είδη κινδύνου.

1.2.3 Διαχείριση Κινδύνου στον τομέα παραγωγής

Με σκοπό την καλύτερη κατανόηση της έννοιας της Διαχείρισης Κινδύνου, θα αναφερθούμε σε αυτή στο πλαίσιο της γραμμής παραγωγής των επιχειρήσεων, είτε αυτή αφορά προϊόντα είτε υπηρεσίες.

Ο τομέας της παραγωγής έχει να επιδείξει ένα μεγάλο αριθμό αβέβαιων καταστάσεων που θέτουν σε κίνδυνο την ομαλή λειτουργία της επιχείρησης. Πιο συγκεκριμένα, ως κίνδυνος στον τομέα της παραγωγής ορίζεται οποιαδήποτε τυχαία επιπλοκή, που μπορεί να καταστήσει αναποτελεσματική την παραγωγική διαδικασία με οποιονδήποτε τρόπο ώστε τελικά να οδηγήσει στην αύξηση του κόστους παραγωγής.

Επίσης, κίνδυνος υπάρχει και στο σενάριο μεταστροφής της επιχείρησης σε νέα επιχειρηματικά πεδία και αγορές, πράξη η οποία επιβάλλει τη δημιουργία νέας στρατηγικής για την υποστήριξη και προώθηση των νέων προϊόντων. Μια τέτοια διαδικασία θα επιφέρει αλλαγές στις διοικητικές διεργασίες και δραστηριότητες, ενώ ταυτόχρονα θα φέρει την επιχείρηση σε ένα σημείο, όπου θα πρέπει να διαχειριστεί με επιτυχία τουλάχιστον δύο στρατηγικές κατευθύνσεις, γεγονός που ενέχει μία ιδιαίτερη επικινδυνότητα. Κάτι τέτοιο συχνά προσκρούει στην άρνηση των στελεχών της μονάδας αφού αλλάζουν οι ισορροπίες, με αποτέλεσμα της περαιτέρω παρακώλυση της παραγωγικής διαδικασίας.

Συμπερασματικά, η Διαχείριση Κινδύνου αποτελεί ένα ουσιώδες κομμάτι του σχεδιασμού και της λειτουργίας της παραγωγικής διαδικασίας της επιχείρησης. Σαν διαδικασία, ακολουθεί τα όσα έχουμε ήδη αναλύσει και αποτελείται από τα βήματα της αναγνώρισης, της ανάλυσης και της αντιμετώπισης του κινδύνου.

Η αναγνώριση του κινδύνου βασίζεται στη συλλογή στοιχείων που αφορούν την αστοχία της παραγωγικής διαδικασίας σε αντίστοιχες επιχειρήσεις του κλάδου και τη δημιουργία ενός πλαισίου ανάλυσης κινδύνου βασισμένο σε αυτά τα στοιχεία. Ένα τέτοιο πλαίσιο πρέπει να καλύπτει τα παρακάτω σημεία

- Ουσιαστική αναγνώριση των πιθανών προβλημάτων, που ενδέχεται να εμφανιστούν στην παραγωγική διεργασία
- Ξεκάθαρη ανάλυση για τα αίτια των προβλημάτων
- Ποσοτικοποίηση της συχνότητας αλλά και έντασης εμφάνισής τους
- Κατηγοριοποίηση των προβλημάτων ανάλογα με τον βαθμό επικινδυνότητας που εμφανίζουν

Μετά τη διαδικασία αναγνώρισης των επικίνδυνων στοιχείων, ακολουθεί η διαδικασία ανάλυσής τους. Αναλύονται οι συνθήκες που ευθύνονται για την εμφάνιση της επικινδυνότητας, μελετούνται τα αίτια και οι συνέπειες των προβλημάτων, συγκεντρώνονται πιθανές λύσεις και αντίμετρα και κατασκευάζονται μοντέλα συμπεριφοράς, τα οποία εφαρμόζονται σε πραγματικές συνθήκες για να αξιολογηθεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων τους.

Στο σημείο αυτό, η συγκεκριμένη ανάλυση των παραγωγικών κινδύνων, δίνει ένα αποδεκτό μέτρο αξιολόγησης της επικινδυνότητας ενός τυχαίου γεγονότος που θα επιδράσει ανασταλτικά στην παραγωγή μιας επιχείρησης.

Μέγεθος κινδύνου= Συχνότητα εμφάνισης * Συνέπειες που προκαλεί

Το τελευταίο στάδιο, η αντιμετώπιση του παραγωγικού κινδύνου, διακρίνεται σε τρεις κύριες κατηγορίες. Η έμφυτη ασφάλεια, προϋποθέτει την κατασκευή μιας παραγωγικής διαδικασίας με τέτοιο τρόπο ώστε να ενσωματώνει χαρακτηριστικά που είτε εμποδίζουν την εμφάνιση κινδύνων, είτε εγγυώνται την ομαλή απεμπλοκή της παραγωγή από τους κινδύνους αυτούς. Η μηχανολογική ασφάλεια αναφέρεται στην προσθήκη κάποιου μηχανικού συστήματος στο χώρο εργασίας, που θα είναι επιφορτισμένο με την παρακολούθηση και τον έλεγχο των συνθηκών αλλά και των μηχανημάτων παραγωγής. Τέλος, η διαδικαστική ασφάλεια έχει σκοπό να αναμορφώσει και να αναβαθμίσει τις διαδικασίες που συντελούνται στον παραγωγικό τομέα και να τις κάνει ασφαλέστερες.

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι οι περισσότεροι κίνδυνοι προκύπτουν από την έντονη παρουσία του ανθρώπινου στοιχείου στην παραγωγική διαδικασία. Συγκεκριμένα, η δημιουργία τους οφείλεται στη μη ορθολογική λήψη αποφάσεων ή στην κακή συνεννόηση, στοιχείων που οφείλονται σε δύο βασικά χαρακτηριστικά των ανθρώπων, την ενστικτώδη αντίδραση ή αλλιώς παρορμητική συμπεριφορά και την εμμονή στις πεποιθήσεις.

Μία λύση για να μπορέσει η επιχείρηση να διαχειριστεί σωστά το ανθρώπινο δυναμικό της, είναι η καλλιέργεια μιας κατάλληλης φιλοσοφίας ώστε το προσωπικό να αρχίσει να συμπεριφέρεται σύμφωνα με τις επιταγές της διοίκησης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της διαρκούς ενημέρωσης, της παροχής κινήτρων, της επιβράβευσης στελεχών που ενεργούν ορθολογικά και είναι παραγωγικά και με πολλούς άλλους τρόπους. Ανεξαρτήτως της διαδικασίας, αυτή η προϋπόθεση πρέπει να είναι διαρκής για να μειωθεί δραστικά ο κίνδυνος.

Σημειώνεται ότι η εισαγωγή ενός κατάλληλου πληροφοριακού συστήματος στην παραγωγική διαδικασία μπορεί να βελτιώσει και να εξαλείψει τις μη ορθολογικές συμπεριφορές του προσωπικού και να μειώσει

τους κινδύνους που αυτές δημιουργούν.

Η παραγωγική διαδικασία πρέπει να ενσωματώνει τη φιλοσοφία της διαχείρισης κινδύνου κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού της, δηλαδή κατά τη διαδικασία του στρατηγικού προγραμματισμού της επιχειρηματικής μονάδος.

Σε επίπεδο στρατηγικού προγραμματισμού, ο κίνδυνος συνηθίζεται να εκφράζεται από τους όρους του “ρίσκου” και της “αβεβαιότητας”. Ο όρος “ρίσκο” μπορεί να αντιστοιχεί σε μία οικονομική ζημιά ή κάποιο ενδεχόμενο κέρδος που όσο μεγαλύτερο είναι, τόσο μεγαλύτερος εμφανίζεται να είναι ο κίνδυνος. Η “αβεβαιότητα” από την άλλη, μεταβάλλεται ανάλογα με το χρόνο και τις καταστάσεις που επικρατούν. Η πρόβλεψη των κινδύνων είναι εφικτή μόνο σε περιόδους σταθερότητας και για το λόγο αυτό συνηθίζεται να αναπτύσσονται διάφορα σενάρια για την πρόβλεψή τους. Χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες πληροφορίες είναι δυνατό να αξιολογηθούν, να αναλυθούν και να τεθούν οι κίνδυνοι σε μία σειρά προτεραιότητας, ώστε να μπορέσουν να αντιμετωπιστούν δυναμικά και εν συνεχεία πιο αποτελεσματικά.

Η διαδικασία του στρατηγικού προγραμματισμού της παραγωγής ξεκινάει με τη συλλογή δεδομένων από το περιβάλλον της επιχείρησης. Το επόμενο στάδιο αναφέρεται στον εντοπισμό των επιχειρηματικών ευκαιριών, αλλά και των απειλών σε αυτό το περιβάλλον. Τελευταίο στάδιο αποτελεί αυτό του καθορισμού του επιπέδου αποδοχής του κινδύνου, δηλαδή ενός μεγίστου επιπέδου, όπου οι συνέπειες και τα αποτελέσματα της αποδοχής του κινδύνου είναι αποδεκτά. Το σύνολο αυτών των διαδικασιών οδηγούν στον σχεδιασμό μιας άρτια οργανωμένης παραγωγικής διαδικασίας, απαλλαγμένης από την αβεβαιότητα και με τους κινδύνους που την απειλούν περιορισμένους.

Σημειώνεται εδώ, πως μια συχνή τακτική αντιμετώπισης του κινδύνου στην παραγωγική διαδικασία και όχι μόνο, την οποία υιοθετούν πολλές επιχειρήσεις, είναι η ανάπτυξη στρατηγικών συμμαχιών. Οι συμμαχίες αυτές αποτελούν ουσιαστικά *τη συνένωση δυνάμεων και πόρων για μία καθορισμένη ή αόριστη χρονική περίοδο, με ζητούμενο την επίτευξη κοινού στόχου*⁷ και εντούτοις πρέπει να επιλέγονται πολύ προσεκτικά με σκοπό να διευκολύνουν τη διαχείριση του κινδύνου, καθώς ανταλλάσσονται τεχνογνωσία και εμπειρίες σχετικές με τον κίνδυνο μεταξύ των επιχειρήσεων.

Η αβεβαιότητα και οι γρήγορες εναλλαγές του περιβάλλοντος στο οποίο δραστηριοποιούνται οι επιχειρήσεις και οι οργανισμοί, σε συνδυασμό με το καθεστώς της χρονικής πίεσης και του μεγάλου αριθμού εναλλακτικών λύσεων, απαιτούν ορθολογικές αποφάσεις σε μικρό διάστημα. Κάτι τέτοιο είναι

⁷ <https://innosupport.net/index.php?id=2370&L=4>

σχετικά δύσκολο, αλλά διευκολύνεται αρκετά με την ενσωμάτωση ενός πληροφοριακού συστήματος στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, όπως αναφέρθηκε νωρίτερα. Ένα σύστημα το οποίο θα υποβοηθά στη διαδικασία αυτή το χρήστη, παρέχοντάς του τη δυνατότητα να αναλύσει τα δεδομένα με πολλούς τρόπους, να κατασκευάζει και να εξετάζει διαφορετικά σενάρια για την αντιμετώπιση του κινδύνου, καθώς επίσης και να περικλείει τις απόψεις όσων έχουν συμμετοχή στη διαδικασία αυτή.

Πιο συγκεκριμένα, ένα τέτοιο σύστημα πρέπει να υποστηρίζει την εξής δομή⁸:

- Υποσύστημα διαχείρισης δεδομένων. Περιέχει όλα τα δεδομένα που αφορούν το πρόβλημα σε μία βάση δεδομένων, δίνοντας τη δυνατότητα επεξεργασίας τους.
- Υποσύστημα διαχείρισης μοντέλων. Περιέχει όλα τα μοντέλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση των δεδομένων, δίνοντας επίσης τη δυνατότητα επεξεργασίας τους, με σκοπό το εύκολο της χρήσης τους και τη βελτίωσή τους.
- Interface. Το γραφικό περιβάλλον του συστήματος.
- Υποσύστημα διαχείρισης περιπτώσεων. Ασχολείται με την ανάλυση σεναρίων χρησιμοποιώντας τα μοντέλα, από το υποσύστημα διαχείρισης μοντέλων, για την ανάλυση των πολλών διαφορετικών μεταβλητών και την αξιολόγηση μιας επιχειρηματικής ευκαιρίας ή ενδεχόμενου κινδύνου από πολλές οπτικές γωνίες.
- Υποσύστημα διαχείρισης γνώσης. Δίνει τη δυνατότητα διαμοίρασης της γνώσης μέσα σε έναν οργανισμό με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγικότητας και της ανταγωνιστικότητας. Υλοποιείται με τη βοήθεια “αποθηκών γνώσης”, “εξειδικευμένων εργαλείων προσπέλασης”, “εφαρμογών e-learning”, “τεχνολογίες συζητήσεων και μηνυμάτων”, “σύγχρονα διαδραστικά εργαλεία αναζήτησης και εξόρυξης δεδομένων”⁹.

Εφοδιασμένο με τα παραπάνω, ένα πληροφοριακό σύστημα είναι σε θέση να βελτιώσει αισθητά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων, βελτιώνοντας την ποιότητα και το χρόνο λήψης τους.

Τέλος, ένα από τα πιο σημαντικά κομμάτια της διαδικασίας διαχείρισης κινδύνου σε ένα επιχειρηματικό περιβάλλον αποτελεί ο σωστός έλεγχος. Ως έλεγχος ορίζεται η μέτρηση και διόρθωση των εργασιών της επιχείρησης ούτως ώστε να εκπληρώνονται οι αντικειμενικοί στόχοι του στρατηγικού προγραμματισμού και της διαχείρισης κινδύνου.

8 Καρδαράς Δ., “Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων”, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, ΟΠΑ 2003

9 Γιώργος Κοκκινίδης, Ιωάννα Κοφρινά, Μάνος Παπαγγελής, Knowledge Management & Semantic Web

Χάρη σε αυτόν είναι δυνατή η αξιολόγηση της ποιότητας, αλλά και της ορθότητας των διορθωτικών και αποτρεπτικών για τον κίνδυνο αποφάσεων των υπευθύνων. Εν ολίγοις, είναι η διαδικασία που αξιολογεί την ορθότητα των μέτρων που πάρθηκαν για να αντιμετωπιστεί ο κίνδυνος στη διαδικασία παραγωγής και οι συνέπειές του.

1.2.4 Διαχείριση Κινδύνου και κοινωνικές προεκτάσεις

Με σκοπό τη διαμόρφωση μιας σφαιρικής άποψης για τη Διαχείριση Κινδύνου, η παρούσα ενότητα αναφέρεται στις κοινωνικές προεκτάσεις της διαδικασίας αυτής. Η σημασία αυτής της θεώρησης είναι αρκετά εμφανής δεδομένου ότι παρόλο που το risk management βασίζεται πάνω σε επιστημονικές μεθόδους, επηρεάζεται άμεσα από οικονομικούς, πολιτικούς, ηθικούς και σχετικούς με την κουλτούρα παράγοντες. Η προσέγγιση και η μέτρησή τους, όμως, δεν είναι μια εύκολη διαδικασία και για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί αρκετές ιδεολογίες αντιμετώπισής τους, εκ των οποίων δύο είναι οι επικρατέστερες. Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται με τους όρους functionalism και relativism και αντικατοπτρίζουν τη συμβολή των θεωρητικών και συγκεκριμένα των κοινωνικών επιστημών στην επιχειρησιακή πραγματικότητα.

Ο “λειτουργισμός” (functionalism) έχει ως φιλοσοφία την απλοποίηση των κοινωνικών παραμέτρων στον απαραίτητο βαθμό ώστε να μπορούν να μετρηθούν. Η χρήση πρακτικών επιστημών όπως η στατιστική, η φυσική ή η άλγεβρα μπορεί να αποτυγχάνουν να αναπαραστήσουν το πραγματικό μέγεθος των κοινωνικών φαινομένων, επιτρέπουν όμως την ποσοτικοποίησή τους, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη μοντέλων για τη διαχείρισή τους από τη διοίκηση των επιχειρήσεων.

Στον αντίποδα, ο “σχετικισμός” (relativism) χρησιμοποιεί παρατηρήσεις και μοντέλα κοινωνικών και πολιτικών επιστημών για την ερμηνεία των κοινωνικών αυτών φαινομένων. Επιτυγχάνοντας τη μεγαλύτερη πιστότητα των πορισμάτων με την πραγματικότητα συγκριτικά με αυτά του “λειτουργισμού”, απαιτούνται μεγάλα ποσά χρόνου, χρήματος και πολλές φορές χάνεται η λειτουργικότητα αυτών των πορισμάτων, δηλαδή η δυνατότητα ουσιαστικής αξιοποίησής τους.

Τα κοινωνικά φαινόμενα που επηρεάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό τη διαδικασία λήψης αποφάσεων και τα οποία αναλύονται παρακάτω είναι η κουλτούρα, η δύναμη και η ηθική.

Στον τομέα της διοίκησης των επιχειρήσεων, η κουλτούρα συμπεριλαμβάνει ένα σύνολο δυσπροσδιόριστων και αντιφατικών στοιχείων και ουσιαστικά αποτελεί μία γενική αναπαράσταση του τρόπου λειτουργίας ενός οργανισμού. Ο βασικός λόγος που η κουλτούρα είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον κίνδυνο, είναι ότι τα κριτήρια που χαρακτηρίζουν ένα πιθανό γεγονός ως κίνδυνο, βασίζονται σε κοινωνικές απόψεις παράγωγες της κουλτούρας.

Άμεση συνέπεια αυτού, είναι η διατήρηση διαφορετικής στάσης απέναντι στον κίνδυνο αναλόγως τον πολιτισμό μιας χώρας. Μία ευρέως αποδεκτή διάκριση των πολιτισμών, είναι ο χαρακτηρισμός τους ως θετικών (risk accepters) ή αρνητικών (risk averters) ως προς τον κίνδυνο. Έχει παρατηρηθεί ότι σε

κοινωνίες που μαστίζονται από τη φτώχεια, ο κίνδυνος αποτελεί καθημερινό φαινόμενο και ο βαθμός αποδοχής του είναι αυξημένος. Η συγκεκριμένη γνώση, λοιπόν, αποτελεί βασικό εργαλείο διαμόρφωσης της στρατηγικής διαχείρισης κινδύνου μιας επιχείρησης.

Η έννοια της δύναμης είναι εξίσου δυσπροσδιόριστη με αυτή της κουλτούρας. Ένας από τους επικρατέστερους ορισμούς είναι αυτός του Weber (1974), σύμφωνα με τον οποίο δύναμη είναι *η πιθανότητα κάποιος να υλοποιήσει την επιθυμία του παρά τις αντιστάσεις του εξωτερικού περιβάλλοντος*. Η δύναμη μπορεί να απασχολεί τη διαδικασία της διαχείρισης κινδύνου επηρεάζοντας την επιχείρηση είτε από το εσωτερικό, ή από το εξωτερικό της περιβάλλον.

Στο εσωτερικό περιβάλλον, υψηλόβαθμα ή ισχυρότερα στελέχη επηρεάζουν σε πολύ πιο έντονο βαθμό τη διαδικασία αυτή από ότι τα πιο χαμηλόβαθμα ή αδύναμα στελέχη. Αντίστοιχα, στον τομέα παραγωγής, οι εργαζόμενοι σε αυτόν επηρεάζουν πιο δραστικά τη διαχείριση κινδύνου του τομέα αυτού με τη γνώμη τους από ότι τα στελέχη που δεν έχουν καμία σχέση με αυτόν. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις όπου το σύνολο των εργαζομένων επιβραβεύουν ή κατακρίνουν τις αποφάσεις της διοίκησης με την αύξηση ή μείωση αντίστοιχα της αποδοτικότητάς τους.

Στο εξωτερικό περιβάλλον, η επιχείρηση επηρεάζεται από αρκετούς πόλους άσκησης πίεσης και αναλόγως τη δύναμή της σε σχέση με αυτούς, διαμορφώνεται και η τακτική διαχείρισης κινδύνου. Τέτοιοι πόλοι είναι οι ειδικοί διαχείρισης κινδύνου στους οποίους μπορεί να έχει αναθέσει τη συγκεκριμένη δραστηριότητα η επιχείρηση και οι οποίοι την επηρεάζουν, οι βιομήχανοι και οι εργοδότες οι οποίοι μπορεί για την αποφυγή του κόστους της να απαξιώνουν τη διαδικασία διαχείρισης κινδύνου, τα εργατικά σωματεία που συνήθως επικροτούν την υιοθέτηση τακτικών διαχείρισης κινδύνου, οι κυβερνητικοί οργανισμοί, τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα και οι ασφαλιστικοί οργανισμοί. Καθένας από αυτούς, ανάλογα με την ισορροπία της δύναμης μεταξύ αυτού και της επιχείρησης, την επηρεάζει με διαφορετικό τρόπο και σε διαφορετικό βαθμό.

Τελευταία κοινωνική παράμετρος επιρροής της διαχείρισης κινδύνου που εξετάζεται, είναι η ηθική. Η ηθική εδώ χρησιμοποιείται ως ένα σύνολο κανόνων, οι οποίοι καθορίζονται από το κοινωνικό σύνολο και οι οποίοι καθορίζουν τα όρια της κοινωνικά αποδεκτής συμπεριφοράς. Στη διαδικασία λήψης επιχειρηματικών αποφάσεων, η ηθική μπορεί να χρησιμοποιείται στην κρίση του χαρακτήρα μεμονωμένων αποφάσεων ή να υπαγορεύει ένα σύνολο ενεργειών και πρακτικών για την υλοποίηση των αποφάσεων. Η επιρροή της παρόλα αυτά πολύ συχνά είναι αμφισβητήσιμη, καθώς κάμπτεται πολύ εύκολα και χωρίς εμφανή σημάδια στο άμεσο μέλλον λήψης μίας “ανήθικης” απόφασης.

Η δύσκολη αυτή διαδικασία της εισαγωγής των κοινωνικά αποδεκτών διαδικασιών στο σχεδιασμό της στρατηγικής μιας επιχείρησης έχει αρκετά θετικά αποτελέσματα αν γίνει ολοκληρωμένα. Η κοινωνική αποδοχή μπορεί να συνεισφέρει μόνο ευεργετικά στις δραστηριότητες της επιχείρησης. Στο εξωτερικό περιβάλλον, αυτό μεταφράζεται σε επίτευξη περισσότερων πωλήσεων, αύξηση της ποιότητας της πελατείας και της φήμης. Σε εσωτερικό επίπεδο, μπορεί να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα και η παραγωγικότητα των εργαζομένων και η προσέλκυση καλύτερα καταρτισμένων στελεχών.

Όπως έχει γίνει αντιληπτό μέχρι τώρα, η διαχείριση κινδύνου είναι ένα πολύ σημαντικό εργαλείο στα χέρια των επιχειρηματιών και συγκεκριμένα των μελλοντικών επιχειρηματιών, καθώς οι νέες επιχειρήσεις υπόκεινται σε περισσότερους κινδύνους από ότι οι υφιστάμενες. Λαμβανομένων υπ' όψιν και των παραπάνω, συμπεραίνουμε ότι πέρα από τα τεχνικά και οικονομικά θέματα που είναι υψίστης σημασίας, η κοινωνική αντιμετώπιση προς μια νέα επιχειρηματική κίνηση είναι ένας σαφέστατα κρίσιμος παράγοντας για την επιτυχία ή αποτυχία της. Κάθε επιχειρηματική δραστηριότητα επηρεάζεται δηλαδή από τις κοινωνικές καταστάσεις, καταστάσεις που είναι συνάρτηση μεταξύ άλλων και του χώρου και του χρόνου. Έτσι, δεν αποτελεί λύση η απομίμηση παλαιών επενδυτικών εκκινήσεων, αφού αυτή η διαδικασία είναι δυναμική, δηλαδή επιχειρηματικές εκκινήσεις που σε δεδομένες κοινωνικές συνθήκες κρίθηκαν επιτυχείς παράγουν τελείως διαφορετικά αποτελέσματα σε διαφοροποιημένα κοινωνικά περιβάλλοντα.

Ένας άλλος κοινωνικός παράγοντας που επηρεάζει τις επιχειρηματικές δραστηριότητες είναι η οικολογία. Η οικολογία έχει εισέλθει στην επιχειρησιακή πραγματικότητα και εν συνεχεία στη διαχείριση κινδύνου. Αυτό οφείλεται στις διαστάσεις της καταστροφής που προκάλεσαν στο περιβάλλον παλαιότερες επιχειρηματικές κινήσεις που δεν συνυπολόγισαν την προστασία του περιβάλλοντος στις διαδικασίες λήψης επιχειρηματικών αποφάσεων. Οι σύγχρονες επιχειρήσεις, λοιπόν, οφείλουν να ακολουθήσουν μια πιο φιλική προς το περιβάλλον πολιτική, διότι υπάρχουν πλέον και οι αντίστοιχες απαιτήσεις εκ μέρους άλλων κοινωνικών θεσμών και εν γένει της κοινωνίας. Σε αυτό το γνώμονα κινούνται και οι προσπάθειες για τη νομοθέτηση κινήτρων προώθησης οικολογικών πολιτικών εκ μέρους των κυβερνήσεων των κρατών.

Τα νομοθετικά ζητήματα είναι ένας παράγοντας επιρροής των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων που κρίνεται περισσότερο ως κοινωνικής υφής, παρά ως τεχνική παράμετρος και αυτό λόγω της γενικής παραδοχής ότι η ανάγκη για τη θέσπιση νόμων πηγάζει από την κοινωνία για την κοινωνία. Οι νόμοι ως κοινωνικός πλέον παράγοντας, αποτελούν δεσμευτικό παράγοντα σχεδιασμού της διαχείρισης κινδύνου δεδομένης της πιθανότητας επιβολής κυρώσεων σε περίπτωση μη τήρησής τους. Κυρώσεις οικονομικού

περιεχομένου που απειλούν την οικονομική θέση της επιχείρησης καθορίζουν δραστικά την επιχειρησιακή της συμπεριφορά.

Με την πραγματική συμβολή των κοινωνικών στοιχείων στη διαχείριση κινδύνου να είναι σαφέστατα αποδεδειγμένη, τα προβλήματα που προκύπτουν από την προσπάθεια προσδιορισμού και κατανόησης τους παραμένουν. Η ενσωμάτωση του κοινωνικού άξονα στη διαχείριση κινδύνου, αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις των σύγχρονων επιχειρήσεων. Μία πρόκληση που πρέπει να ξεπεραστεί για να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα της διαχείρισης κινδύνου στις επιχειρήσεις.

2. ΚΕΦΑΛΑΙΑΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΤΡΑΠΕΖΩΝ (ΒΑΣΙΛΕΙΑ I, II, III)

2.1 Εποπτεία Τραπεζικών Συστημάτων

Η αναγκαιότητα της ύπαρξης ενός πλαισίου κανόνων και ρυθμίσεων που διέπουν τη λειτουργία του χρηματοοικονομικού τομέα και των τραπεζικών ιδρυμάτων ειδικότερα, είναι ένα ζήτημα που διχάζει τους οικονομολόγους.

Το βασικότερο επιχείρημα υπέρ της ύπαρξης ρυθμιστικού πλαισίου για τη λειτουργία των τραπεζών έγκειται στο γεγονός ότι οι μη-ρυθμισμένες ιδιωτικές δραστηριότητες των τραπεζικών ιδρυμάτων δημιουργούν αποτελέσματα που έχουν μεγαλύτερο κοινωνικό παρά ιδιωτικό κόστος¹⁰. Το κοινωνικό οριακό κόστος προκύπτει επειδή η χρεοκοπία μιας τράπεζας έχει επιπτώσεις σε όλη την οικονομία. Αντίθετα, το ιδιωτικό οριακό κόστος επιβαρύνει μόνο τους μετόχους και τους εργαζομένους σε μια τράπεζα και είναι πιθανότερο να είναι μικρότερο του κοινωνικού. Όμως, η εποπτεία των τραπεζών επιβαρύνει τις τραπεζικές λειτουργίες με άμεσο κόστος συν ένα κόστος συμμόρφωσης και τις υποχρεώνει σε τήρηση αυξημένων εποπτικών κεφαλαίων¹¹. Επιπλέον, ένα κρυφό κόστος που μπορεί να προκύψει λόγω υπερβολικών ρυθμίσεων είναι η πιθανή απώλεια του δυναμισμού της καινοτομίας.

Ένας άλλος βασικός λόγος που συνηγορεί υπέρ της ύπαρξης ρυθμιστικού πλαισίου είναι ότι οι καταθέτες των οποίων οι καταθέσεις δεν είναι εγγυημένες ενδέχεται να προκαλέσουν μια τραπεζική «πολιορκία» όταν έχουν πληροφορίες για αρνητικές εξελίξεις στα στοιχεία ισολογισμού της τράπεζας τους. Η χρηματοδότηση μακροπρόθεσμων στοιχείων του ενεργητικού (π.χ. δάνεια) από βραχυπρόθεσμες καταθέσεις αποτελεί την αιτία μιας πιθανής ευθραυστότητας των τραπεζών. Οι τράπεζες είναι εκτεθειμένες στην πιθανότητα ότι ένας μεγάλος αριθμός καταθετών τους θα αποφασίσει να αποσύρει τις καταθέσεις τους για λόγους που δεν σχετίζονται με τις ανάγκες ρευστότητας τους. Αυτή η λειτουργία μετασχηματισμού της ρευστότητας κάνει τις τράπεζες ευάλωτες σε τέτοιου είδους «πολιορκίες». Σύμφωνα με το θεωρητικό μοντέλο των **Diamond and Dybvig (1983)** μια τέτοια τραπεζική «πολιορκία» μπορεί από μόνη της να προκαλέσει την πτώχευση μιας τράπεζας, χωρίς να συντρέχει καμία άλλη αιτία πτώχευσης. Το ενδεχόμενο αυτό αυξάνει το κόστος της τραπεζικής διαμεσολάβησης για τους μεν καταθέτες διότι τους υποχρεώνει να παρακολουθούν τις τράπεζες, για τις δε τράπεζες διότι τις υποχρεώνει να διατηρούν υψηλότερα αποθεματικά.

Τέλος, η ύπαρξη της ασύμμετρης πληροφόρησης, δηλαδή το γεγονός ότι τα εμπλεκόμενα μέρη σε μια

10 Matthers K., Thompson J. (2008), "The Economics of Banking", ενότητα 12.2

11 Berger, Desmetz, Strahan, (1999)

χρηματοοικονομική συναλλαγή δεν έχουν την ίδια πληροφόρηση, αναδεικνύει τα ζητήματα της δυσμενούς επιλογής (adverse selection) και του ηθικού κινδύνου (moral hazard issues). Η δυσμενής επιλογή αναφέρεται στην κατάσταση όπου λόγω ασύμμετρης πληροφόρησης σε μία συναλλαγή το ένα από τα δύο μέρη υποφέρει αρνητικές οικονομικές συνέπειες, ενώ ο ηθικός κίνδυνος αναφέρεται όταν ένα από τα δύο μέρη εκμεταλλεύεται την κατάσταση της ασύμμετρης πληροφόρησης εσκεμμένα.

Οι τρεις έννοιες που προαναφέρθηκαν διαμορφώνουν σε μεγάλο βαθμό την μορφή που παίρνει η εποπτεία και η ρύθμιση των τραπεζικών ιδρυμάτων.

Φυσικά, υπάρχουν διάφοροι μηχανισμοί εποπτικών και ρυθμιστικών παρεμβάσεων στη λειτουργία των τραπεζικών ιδρυμάτων, οι οποίοι συνοψίζονται στους εξής: κυβερνητικό δίκτυ ασφαλείας, περιορισμοί στις αξίες του χαρτοφυλακίου των τραπεζών, κεφαλαιακές απαιτήσεις, αξιολόγηση της διαχείρισης του κινδύνου, δημοσιοποίηση πληροφοριών, πιστοποίηση και εξέταση των τραπεζικών ιδρυμάτων, προστασία του καταναλωτή και περιορισμοί στον ανταγωνισμό¹².

Η εφαρμογή στην πράξη, της ρύθμισης και εποπτείας των δραστηριοτήτων των τραπεζικών ιδρυμάτων, δεν πρόκειται για εύκολη υπόθεση και οι λόγοι είναι αρκετοί. Ο βασικότερος είναι ότι τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα έχουν ισχυρά κίνητρα για να αποφύγουν τους όποιους ρυθμιστικούς και εποπτικούς περιορισμούς¹³. Οι τράπεζες βρίσκουν διαρκώς νέους τρόπους για να παρακάμψουν τις ρυθμίσεις και τους περιορισμούς, κάτι που αναγκάζει τους εποπτικούς φορείς να τροποποιούν συνεχώς τις δικές τους δραστηριότητες. Το πρόβλημα μπορεί να επιδεινωθεί στην περίπτωση που οι εποπτικοί φορείς δεν έχουν τους πόρους και την εμπειρία να αντεπεξέλθουν σ' αυτό το διαρκές "παιχνίδι" της γάτας με το ποντίκι με τα τραπεζικά ιδρύματα. Άλλος σημαντικός λόγος είναι ότι σε κάποιες χώρες οι εποπτικοί φορείς μπορεί να είναι ευάλωτοι σε πολιτικές πιέσεις, με αποτέλεσμα να μην κάνουν σωστά τη δουλειά τους. Τέλος, είναι σημαντικό ότι στο θέμα της εποπτείας και της ρύθμισης οι λεπτομέρειες κάνουν τη διαφορά. Δυσδιάκριτες διαφορές στις λεπτομέρειες των διατάξεων μπορεί να έχουν αθέλητες συνέπειες και να δυσχεραίνουν το έργο των αρχών να περιορίσουν την υπερβολική ανάληψη ρίσκου¹⁴.

Ο χρηματοοικονομικός κίνδυνος αφορά την μεταβλητότητα των απροσδόκητων αποτελεσμάτων στις αγορές ομολόγων, μετοχών και δανειακών κεφαλαίων.

Η ανάγκη διαχείρισης του χρηματοοικονομικού κινδύνου ανέκυψε λόγω της απορρύθμισης των χρηματοοικονομικών αγορών τη δεκαετία του 1970. Συγκεκριμένα, το 1973 επήλθε μεγάλη αναστάτωση

12 Mishkin S.F., Eakins G.S. (2009), "Financial Markets and Institutions", σελ. 511

13 Bensako D., Kanatas G. (1996), "The regulation of bank capital"

14 Mishkin S.F., Eakins G.S. (2009), "Financial Markets and Institutions", σελ. 524

στο χρηματοοικονομικό σύστημα με την κατάρρευση του συστήματος σταθερών συναλλαγματικών ισοτιμιών “Bretton Woods”, η οποία προκάλεσε την απώλεια μεγάλων κεφαλαίων σε ξένο νόμισμα για διάφορες τράπεζες παγκοσμίως, καθώς και τη διακοπή λειτουργίας πολλών από αυτές.

Η καθιέρωση των ελεύθερα κυμαινόμενων ισοτιμιών διέυρνε τη συμμετοχή των πιστωτικών ιδρυμάτων στις αγορές συναλλάγματος, με την εμφάνιση των καινοτόμων για την εποχή, χρηματοοικονομικών προϊόντων (παράγωγα) να αλλάζουν τις ισορροπίες¹⁵. Οι νέες τάσεις που δημιουργήθηκαν στις παγκόσμιες αγορές δημιούργησαν την ανάγκη για αυξημένη επιτήρηση και έλεγχο.

Με αφορμή τα παραπάνω, το 1974 οι Διοικητές των Κεντρικών Τραπεζών των κρατών-μελών της ομάδας “G-10”, ίδρυσαν μία Επιτροπή για Τραπεζικούς Κανονισμούς και Πολιτικές Εποπτείας (Committee on Banking Regulations and Supervisory Practices), η οποία στη συνέχεια μετονομάστηκε σε Επιτροπή τη Βασιλείας για την Εποπτεία των Τραπεζών (Basel Committee on Banking Supervision) και υπάρχει μέχρι σήμερα. Η Επιτροπή της Βασιλείας σχεδιάστηκε και λειτουργεί ως ένα ανεπίσημο ελεύθερο όργανο (forum) που προωθεί τη συνεργασία μεταξύ των κρατών-μελών της, σχετικά με θέματα εποπτείας του τραπεζοπιστωτικού συστήματος. Πήρε το όνομα της από την ομώνυμη πόλη της Ελβετίας και συνεδριάζει τέσσερις (4) φορές το χρόνο υπό την αιγίδα της Τράπεζας Διεθνών Διακανονισμών (BIS – Bank of International Settlements). Το σύνολο των μελών της αποτελείται από αντιπροσώπους των κεντρικών τραπεζών από τις χώρες της ομάδας “G-10”, καθώς και αντιπροσώπους του Λουξεμβούργου και της Ισπανίας¹⁶. Οι αποφάσεις της Επιτροπής δεν έχουν νομική ισχύ, παρά μόνο αποτελούν τις κατευθυντήριες γραμμές της ευρωπαϊκής πολιτικής σχετικά με το τραπεζοπιστωτικό σύστημα και τα κράτη – μέλη της Επιτροπής παροτρύνονται να τις ακολουθήσουν.

Με την ανάγκη της εποπτείας του τραπεζοπιστωτικού συστήματος να έχει γίνει πλέον αισθητή και την κρίση χρέους της Λατινικής Αμερικής στις αρχές της δεκαετίας του 1980 να πιέζει τις χώρες της ομάδας “G-10”, η Επιτροπή αποφάσισε την εκκίνηση της πρώτης προσπάθειας για μέτρηση του κινδύνου και πρόληψη του, με την καθιέρωση ελάχιστου ορίου κεφαλαιακής επάρκειας που πρέπει να διατηρεί κάθε Τράπεζα οποιαδήποτε χρονική στιγμή.

2.2 ΒΑΣΙΛΕΙΑ I

Το πρώτο πλαίσιο της Επιτροπής εκδόθηκε το 1988 και ονομάστηκε Σύμφωνο της Βασιλείας για την Κεφαλαιακή Επάρκεια (Basel Capital Accord), το οποίο είναι επίσης γνωστό ως Βασιλεία I. Το εν λόγω πλαίσιο προέβλεπε τη θέσπιση ελάχιστου επιπέδου ιδίων κεφαλαίων ενός χρηματοπιστωτικού

15 Γεώργιος Κ. Παδούβας (2015), “Ανάλυση Χρηματοοικονομικών Κινδύνων και VAR”, σελ. 18

16 <https://www.bis.org>

ιδρύματος σε σχέση με τον αναλαμβανόμενο πιστωτικό κίνδυνο. Ορίζονται δύο δείκτες, ο Δείκτης Κεφαλαιακής Επάρκειας (Capital Adequacy Ratio – CAR) και ο Δείκτης Πρωτογενούς Κεφαλαίου (Tier I Ratio). Συγκεκριμένα, ο CAR υπολογίζεται ως ο λόγος των ιδίων κεφαλαίων, του χρηματοπιστωτικού ιδρύματος, προς το άθροισμα των στοιχείων του ενεργητικού και των εκτός ισολογισμού στοιχείων, σταθμισμένων ως προς τον πιστωτικό κίνδυνο (Risk Adjusted Assets – RAA). Το κεφάλαιο διαχωρίζεται περαιτέρω σε δύο κατηγορίες: το βασικό κεφάλαιο (Core Capital, Tier I) και τα λοιπά ίδια κεφάλαια (Supplementary Capital, Tier II), με τη σύμβαση ότι το πρώτο είναι τουλάχιστον το 50% του αθροίσματος των δύο. Το βασικό κεφάλαιο αποτελείται από κοινές μετοχές, προνομιακές μετοχές, ομόλογα, καθώς και μειονοτικά δικαιώματα (minority interests) της τράπεζας σε θυγατρικές της. Το συμπληρωματικό ή δευτερεύον κεφάλαιο περιλαμβάνει προβλέψεις για επισφαλή δάνεια, καθώς και προνομιούχες μετοχές και ομόλογα που δεν ανήκουν στο βασικό κεφάλαιο.

$$\text{CAR} = (\text{Tier I} + \text{Tier II}) / \text{RAA} \text{ με } \text{Tier I} \geq 0,5(\text{Tier I} + \text{Tier II})$$

Ενώ, ο Δείκτης Πρωτογενούς Κεφαλαίου έχει ως αριθμητή το βασικό κεφάλαιο (Tier I) και ως παρανομαστή τον δείκτη κεφαλαιακής επάρκειας.

$$\text{Tier I Ratio} = \text{Tier I} / (\text{Tier I} + \text{Tier II})$$

Το Σύμφωνο της Βασιλείας καθιέρωσε τη διατήρηση της τιμής του Δείκτη Κεφαλαιακής Επάρκειας στο 8%, ανά πάσα χρονική στιγμή, με σκοπό την εναρμόνιση του διεθνούς εποπτικού συστήματος και την προφύλαξη του χρηματοπιστωτικού συστήματος από πιθανούς κινδύνους. Το σύμφωνο αναθεωρήθηκε με την πάροδο του χρόνου αρκετές φορές, με σκοπό τη βελτίωση και τον εκσυγχρονισμό του. Παρόλα αυτά, οι ειδικοί εκτιμούν ότι το Σύμφωνο της Βασιλείας I είχε αδιαμφισβήτητες ελλείψεις και απέτυχε να εκπληρώσει τους στόχους του, καθώς δεν μπόρεσε να καταστήσει το χρηματοπιστωτικό σύστημα λιγότερο ασταθές, αλλά ούτε μπόρεσε να εξομαλύνει τις διαφορές των χρηματοπιστωτικών συστημάτων διεθνώς.

2.3 ΒΑΣΙΛΕΙΑ II

Η επιτακτική ανάγκη εύρεσης λύσης στο πρόβλημα επιλογής μεταξύ της ανάγκης για σταθερότητα του τραπεζικού συστήματος και της μεγιστοποίησης των κερδών ικανοποιήθηκε με τη δημιουργία του Συμφώνου Βασιλεία II. Η κίνηση υποστηρίχθηκε και από την Ευρωπαϊκή Ένωση και το τελικό πλαίσιο εκδόθηκε στις 26 Ιουνίου 2004, τέθηκε σε εφαρμογή από το 2007 και ίσχυε μέχρι το 2015.

Με σκοπό, λοιπόν, να ενισχυθούν και να εποπτευθούν οι διεθνείς τραπεζικές απαιτήσεις το νέο Σύμφωνο

αναπτύχθηκε με τρεις βασικούς στόχους. Οι στόχοι αυτοί συνοψίζονται:

α) Στην απόδοση έμφασης στην εποπτική εξέταση και στη διαφάνεια της αγοράς.

β) Στη σταδιακή σύγκλιση του ύψους των εποπτικών ιδίων κεφαλαίων προς το οικονομικό κεφάλαιο των τραπεζών, μέσω της αναγνώρισης του τρόπου με τον οποίο αποτιμούν τον κίνδυνο οι ίδιες οι τράπεζες.

γ) Στην κάλυψη του συνόλου των χρηματοοικονομικών και μη κινδύνων, μέσω της αντιμετώπισης του πιστωτικού κινδύνου με βάση όχι μόνο τον κίνδυνο της αγοράς, αλλά και του λειτουργικού κινδύνου.

Με τους παραπάνω στόχους κατά νου, οι προτάσεις της Βασιλείας II διακρίνονται σε τρεις θεματικές ενότητες, οι οποίες ονομάζονται Πυλώνες (Pillars).

Ο πρώτος πυλώνας αφορά στην τροποποίηση του πλαισίου υπολογισμού των ελάχιστων κεφαλαιακών απαιτήσεων για την κάλυψη έναντι του πιστωτικού κινδύνου και του κινδύνου αγοράς, προσθέτοντας παράλληλα απαιτήσεις για κάλυψη έναντι του λειτουργικού κινδύνου. Υπάρχει, δηλαδή, ρητή κεφαλαιακή απαίτηση για κινδύνους που σχετίζονται με πιθανές ζημιές που προκύπτουν από σφάλματα στη διαδικασία, εσωτερικές απάτες και προβλήματα στην τεχνολογία των πληροφοριών.

Ο δεύτερος πυλώνας αφορά στην καθιέρωση των διαδικασιών για τον έλεγχο και την αξιολόγηση σε μόνιμη βάση της επάρκειας των ιδίων κεφαλαίων των τραπεζών από τις εποπτικές αρχές. Δίνει τη δυνατότητα στις τράπεζες να διαθέτουν κατάλληλα εσωτερικά συστήματα και μοντέλα αξιολόγησης των κεφαλαιακών απαιτήσεων τους, ενώ παρέχει και ένα πλαίσιο για την αντιμετώπιση του “υπολειπόμενου κινδύνου”, ο οποίος καθορίζεται να αποτελείται από μία πληθώρα κατηγοριών κινδύνων που μέχρι τώρα δεν υπολογίζονταν, όπως ο στρατηγικός κίνδυνος, ο κίνδυνος ρευστότητας, ο συστημικός κίνδυνος και άλλοι.

Ο τρίτος πυλώνας αφορά στην ενίσχυση της πειθαρχίας της αγοράς μέσω της δημοσιοποίησης στοιχείων σχετικά με τα εσωτερικά συστήματα διαχείρισης των αναλαμβανομένων κινδύνων και της κεφαλαιακής επάρκειας από τα ίδια τα πιστωτικά ιδρύματα.

Οι τρεις πυλώνες της νέου Συμφώνου της Βασιλείας είναι αλληλένδετοι και αναμφίβολα, η αποτελεσματικότητα των κανόνων του κάθε πυλώνα εξαρτώνται καθοριστικά από την ορθή εφαρμογή των κανόνων των υπόλοιπων πυλώνων.

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται οι προτάσεις των Πυλώνων της Βασιλείας II σε σύγκριση με τη Βασιλεία I, όπως αυτοί παρουσιάζονται από το Οικονομικό Επιμελητήριο της Ελλάδος.

Πυλώνας I	Πυλώνας II	Πυλώνας III
<i>Ελάχιστες Κεφαλαιακές Απαιτήσεις</i>	<i>Εποπτικός Έλεγχος</i>	<i>Πειθαρχία της Αγοράς</i>
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Κίνδυνος Αγοράς <ul style="list-style-type: none"> • Ελάχιστες μεταβολές σε σχέση με Βασιλεία I. ➤ Πιστωτικός κίνδυνος <ul style="list-style-type: none"> • Σημαντικές αλλαγές σε σχέση με Βασιλεία I. • Τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις για την εκτίμηση των ελάχιστων κεφαλαιακών απαιτήσεων. • Παροχή κινήτρων στους πιστωτικούς οργανισμούς για την υιοθέτηση εξελιγμένων μεθόδων διαχείρισης του πιστωτικού κινδύνου, βασισμένες στην εσωτερική διαβάθμιση. • Απαιτήσεις για χρήση εξελιγμένων συστημάτων συλλογής και ελέγχου πληροφοριών. ➤ Λειτουργικός κίνδυνος <ul style="list-style-type: none"> • Νέο στοιχείο του εποπτικού πλαισίου. • Τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις για την εκτίμηση των ελάχιστων κεφαλαιακών απαιτήσεων. 	<ul style="list-style-type: none"> • Οι πιστωτικοί οργανισμοί θα πρέπει να διαθέτουν αξιόπιστες διαδικασίες αξιολόγησης της κεφαλαιακής τους επάρκειας και αποτελεσματική στρατηγική διατήρησης του απαιτούμενου επιπέδου εποπτικών κεφαλαίων. • Οι εποπτικές αρχές θα πρέπει να επιβλέπουν και να αξιολογούν τα εσωτερικά συστήματα των πιστωτικών οργανισμών και τις ακολουθούμενες στρατηγικές διατήρησης της κεφαλαιακής τους επάρκειας. • Είναι στην διακριτική ευχέρεια των εποπτικών αρχών να επιβάλλουν πρόσθετες κεφαλαιακές επιβαρύνσεις. • Οι εποπτικές αρχές θα πρέπει να παρεμβαίνουν σε πρώιμα στάδια για την αποτροπή και αντιμετώπιση της κεφαλαιακής αναιμίας των πιστωτικών οργανισμών. 	<ul style="list-style-type: none"> • Η πειθαρχία της αγοράς ενισχύει τις προσπάθειες για προώθηση της ασφάλειας και ευρωστίας των πιστωτικών οργανισμών. • Οι αυξημένες απαιτήσεις για παροχή κύριας και πρόσθετης πληροφόρησης καθιστούν την πειθαρχία της αγοράς περισσότερο αποτελεσματική.

Πηγή: Οικονομικό Επιμελητήριο της Ελλάδος

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του νέου αυτού Συμφώνου ήταν η υιοθέτηση της εσωτερικής μεθόδου διαβάθμισης των κινδύνων (internal ratings based approach - IRB), βάσει της οποίας οι τράπεζες μπορούν να διαβαθμίσουν τους κινδύνους που αναλαμβάνουν και να

χρησιμοποιήσουν δικά τους μοντέλα για την αξιολόγηση των κεφαλαιακών τους απαιτήσεων. Σκοπός της συγκεκριμένης προσέγγισης είναι να εξαλείψει μια βασική αδυναμία του Πρώτου Συμφώνου που σχετίζεται με το γενικό τρόπο υπολογισμού του πιστωτικού κινδύνου από τους οίκους αξιολόγησης, καθώς η αξιολόγηση των δανείων μέχρι εκείνη την εποχή πραγματοποιούνταν με βάση τα γενικά χαρακτηριστικά της κάθε κατηγορίας που ανήκε ο δανειζόμενος και όχι με βάση τα ειδικά χαρακτηριστικά της κάθε περίπτωσης.

Η φαινομενικά, όμως, επαρκής κίνηση για τον περιορισμό των αποκλίσεων δεν έφερε τα επιθυμητά αποτελέσματα. Ο λόγος έγκειται στο γεγονός ότι ένα μεγάλο πλήθος μεγάλων τραπεζοπιστωτικών οργανισμών που υιοθέτησαν αυτή τη μέθοδο, υποβάθμισαν πολλές μορφές κινδύνων με σκοπό να επιτύχουν χαμηλότερα ποσοστά για τον δείκτη κεφαλαιακής επάρκειας. Σύμφωνα με πολλούς οικονομολόγους, η κίνηση αυτή “άνοιξε το δρόμο” για τη χρηματοπιστωτική κρίση του 2007/08.

2.4 ΒΑΣΙΛΕΙΑ III

Η χρηματοπιστωτική κρίση του 2007/08 απέδειξε σε ένα βαθμό την αδυναμία του νέου Συμφώνου να αποτρέψει μία οικονομική κρίση ή να αμβλύνει τις επιπτώσεις της. Η Επιτροπή οδηγήθηκε στην αναθεώρηση των ορισμών των εποπτικών κεφαλαίων, με την έκδοση ενός νέου πλαισίου γνωστό και ως Βασιλεία III.

Το πλαίσιο της Βασιλείας III θεσπίστηκε αρχικά στα τέλη του 2010 και οριστικοποιήθηκε στα τέλη του 2017 και αποτελεί μία βελτίωση και συμπλήρωση του προηγούμενου αντί για μία τελείως καινούρια συμφωνία. Η βασική του διαφοροποίηση ήταν η θέσπιση επιπλέον κεφαλαίων για τη διαχείριση μορφών κινδύνου που προέκυψαν από την αλληλεξάρτηση του παγκοσμίου χρηματοπιστωτικού συστήματος. Η Επιτροπή, δηλαδή, αναγνώρισε ότι η εποπτεία κάθε τράπεζας ξεχωριστά δεν ήταν αρκετή. Σαν αποτέλεσμα, πέρα από τα κεφάλαια που πρέπει να διατηρεί η κάθε τράπεζα βάσει των κινδύνων που αντιμετωπίζει ως αποτέλεσμα των επενδυτικών της επιλογών, οφείλει να διατηρεί κεφάλαια για την αντιμετώπιση περιόδων συστημικών κρίσεων, δηλαδή περιόδους κατά τις οποίες οι κίνδυνοι διαχέονται σε όλο το σύστημα. Τέτοια κεφάλαια ενσωματώθηκαν στα παρακάτω καινοτόμα εργαλεία:

1. Δείκτης Μόχλευσης
2. Δείκτης Κάλυψης Ρευστότητας
3. Δείκτης Καθαρής Σταθερής Χρηματοδότησης
4. Εργαλεία Παρακολούθησης του Κινδύνου Ρευστότητας

5. Κεφαλαιακό απόθεμα για λόγους συντήρησης
6. Αντικυκλικό Κεφαλαιακό απόθεμα

Το τελικό Σύμφωνο περιόρισε τη χρήση της εσωτερικής μεθόδου διαβάθμισης των κινδύνων από τις ίδιες τις τράπεζες, ενώ ο υπολογισμός του λειτουργικού κινδύνου (operational risk), που γινόταν από τις ίδιες τις τράπεζες, θα υπολογίζεται αποκλειστικά με βάση εξωτερικά πρότυπα. Επίσης, ορίζεται ότι, για κάθε τράπεζα είτε χρησιμοποιεί την τυποποιημένη μέθοδο συνολικά είτε μία εσωτερική μέθοδο αξιολόγησης, το επίπεδο των εποπτικών της κεφαλαίων δεν μπορεί να πέσει κάτω από το 72.5%, (“output floor”) σε σχέση με εκείνο που θα προέκυπτε αν χρησιμοποιούσε μόνο την τυποποιημένη μέθοδο.

Οι παραπάνω αλλαγές θεσπίστηκαν για να περιορισθεί η υποτίμηση των κινδύνων, στην οποία προέβαιναν οι τράπεζες, χρησιμοποιώντας τα δικά τους εσωτερικά κριτήρια. Η περίοδος προσαρμογής που δίνεται στα τραπεζικά ιδρύματα για να συμμορφωθούν προς τις νέες ρυθμίσεις αρχίζει από την 1η Ιανουαρίου 2022, με στόχο το τελικό 72,5% να έχει επιτευχθεί μέχρι το 2027.

Ως απόρροια όλων των παραπάνω, προκύπτει η βαρύνουσα σημασία χρήση των πλαισίων της Επιτροπής της Βασιλείας στον εποπτικό έλεγχο των πιστωτικών ιδρυμάτων, αλλά και η ανάγκη για συνεχή αναθεώρηση και βελτίωσή τους.

3. ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΙΣΤΩΤΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Το επόμενο κομμάτι της εργασίας αφιερώνεται αποκλειστικά στα μοντέλα ανάλυσης και διαχείρισης του πιστωτικού κινδύνου. Το θεωρητικό υπόβαθρο που αποτέλεσε τη βάση για τις παραδοσιακές μεθόδους μέτρησης κινδύνου καθορίστηκε κυρίως από την θεωρία χαρτοφυλακίου “Markowitz”, τη θεωρία διαχείρισης χρηματοοικονομικών κινδύνων και τις εξελίξεις της αποτίμησης παραγώγων χρηματοοικονομικών προϊόντων. Μία αναλυτική περιγραφή των κύριων εξελίξεων στις μεθόδους διαχείρισης χρηματοοικονομικού κινδύνου της περιόδου συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα :

1938	Διάρκεια Ομολόγων
1952	Πλαίσιο μέσου-διασποράς Markowitz
1963	Μοντέλο μονοπαραμετρικού-beta του Sharp
1966	Πολυπαραμετρικά μοντέλα
1973	Μοντέλο τιμολόγησης παραγώγων Black-Scholes, “Greeks”
1983	RAROC, risk-adjusted μοντέλο
1986	Όρια έκθεσης ανά “κουβά” διάρκειας
1988	Όρια στα “Greeks”
1992	Δοκιμές Καταπόνησης (Stress Testing)
1993	Value at Risk (VaR)
1994	RiskMetrics
1997	CreditMetrics
1998	Ενσωμάτωση πιστωτικού κινδύνου και κινδύνου αγοράς

Εξέλιξη Αναλυτικών Εργαλείων Διαχείρισης Κινδύνου¹⁷

¹⁷ Jorion P. (2007), “Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk”

3.1 Μοντέλα Μειωμένης Μορφής (Reduced Form Models)

Τα μοντέλα μειωμένης μορφής χρησιμοποιούν για τον υπολογισμό του κινδύνου αδυναμίας αποπληρωμής δανεισμού (default) την *τιμή χρέους* (debt price). Ως *τιμή χρέους* ορίζεται η *τιμή που πληρώνεται για κάθε 100 δολάρια της ονομαστικής αξίας ενός χρεωστικού μέσου/δανείου*¹⁸. Τα δύο μοντέλα που θα παρατεθούν είναι το LAS και το KRM.

3.1.1 Μοντέλο LAS (KPMG'S Loan Analysis System)

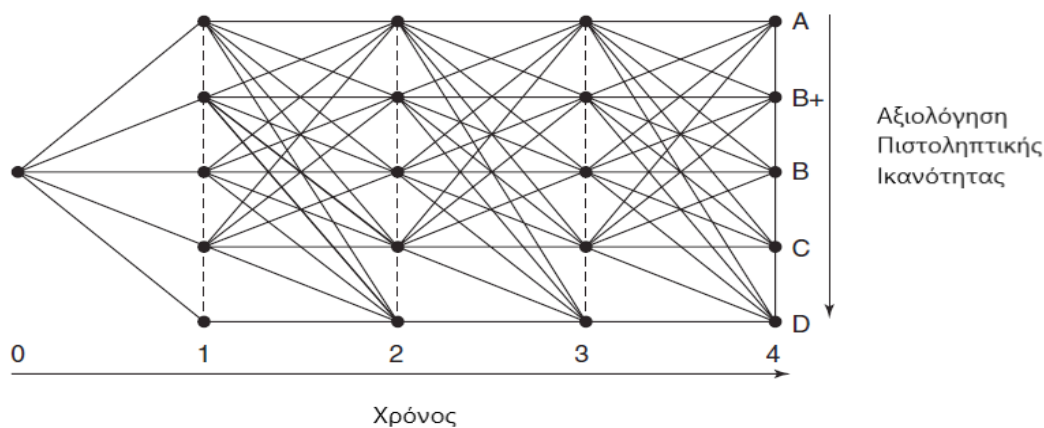
Το μοντέλο LAS αποτελεί ένα μοντέλο μικρής κλίμακας, το οποίο χρησιμοποιεί την παρούσα τιμή χρέους στις αγορές (βάσει των μετρήσεων του οίκου αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας KPMG), σε συνδυασμό με μία προσέγγιση “καθαρής παρούσας αξίας” (Net Present Value – NPV) για την τιμολόγηση του πιστωτικού κινδύνου. Η “καθαρή παρούσα αξία” ορίζεται ως η *διαφορά μεταξύ της παρούσας αξίας της (μελλοντικής) εισροής χρημάτων και της παρούσας αξίας των εκροών χρημάτων*¹⁹. Πρακτικά, χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει το κατά πόσον είναι συμφέρουσα μία επένδυση και συγκρίνει την τωρινή αξία των μελλοντικών εισροών της επένδυσης έναντι του κόστους της. Συνήθως, η αναδρομή της αξίας των εισροών από το μέλλον στο παρόν, γίνεται χρησιμοποιώντας ετήσιο επιτόκιο χωρίς-κίνδυνο (risk-free), ή γενικά κάποιο σταθερό χαμηλό επιτόκιο.

Το LAS κατασκευάζει μία δενδρική δομή-διάγραμμα (δενδροδιάγραμμα), στην οποία υπολογίζεται η τιμή του δανείου στο χρόνο για κάθε πιθανή μεταβολή της δομής του, όπως η πιστωτική αναβάθμισή του, οι προπληρωμές, η αναδόμηση του, η αδυναμία αποπληρωμής κλπ. Ένα παράδειγμα τέτοιου διαγράμματος παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.1 που ακολουθεί και περιγράφει της πιθανές μεταβάσεις στην αξιολόγηση της πιστοληπτικής ικανότητας ενός οφειλέτη, ο οποίος αρχικά έχει αξιολογηθεί με B, για περίοδο δανεισμού 4 ετών.

Σε κάθε πρόβλημα, υπολογίζονται οι πιθανότητες μετάβασης από μία αξιολόγηση προς κάθε πιθανή άλλη την επόμενη χρονική περίοδο και παράλληλα κατασκευάζεται ένα “πλέγμα τιμολόγησης”. Με τον όρο “πλέγμα τιμολόγησης” εννοούμε ότι σε κάθε κατάσταση ανατιμολογείται το δάνειο, βάσει της αξιολόγησης της πιστοληπτικής ικανότητας του οφειλέτη και τη χρονική περίοδο που εξετάζεται. Ο τρόπος με τον οποίο παράγεται αυτό το πλέγμα υποδεικνύει και εξαρτάται από τη στάση που κρατάει ο πιστωτής αναλόγως την πιστοληπτική ικανότητα του οφειλέτη.

18 http://www.moneycontrol.com/glossary/stocks/debt-price_3313.html

19 <https://www.investopedia.com/terms/n/npv.asp>



Σχήμα 1.1²⁰

Η μέθοδος εργάζεται από δεξιά προς τα αριστερά και υπολογίζει τη συνολική “καθαρή παρούσα αξία” (NPV) καθ’ όλη τη διάρκεια του δανείου. Αυτό επιτρέπει στον δανειστή να υπολογίσει την αξία του δανείου και να προγραμματίσει ενέργειες στο χρόνο για να μειώσει το ρίσκο του. Επίσης, η μέθοδος υποστηρίζει την εισαγωγή και άλλων δομικών χαρακτηριστικών μίας πίστωσης και μπορεί να υπολογιστεί πλέον και η VaR του.

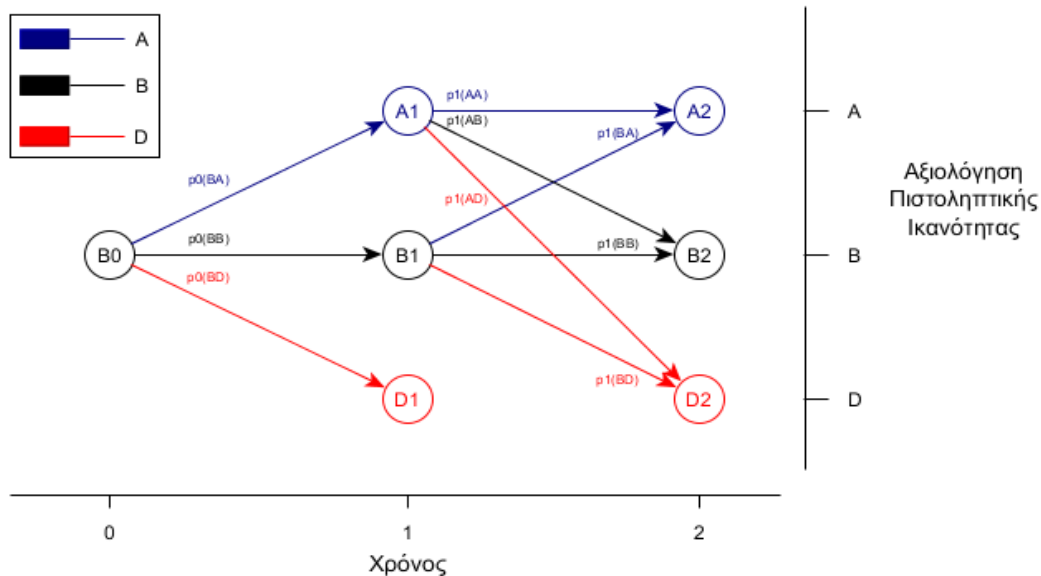
Για τον ορισμό των αξιολογήσεων πιστοληπτικής ικανότητας, η συγκεκριμένη μέθοδος δέχεται ως δεδομένα τις ταξινομήσεις των αξιολογήσεων από διεθνείς οργανισμούς αξιολόγησης (όπως η Moody’s) και για πιθανότητες μετάβασης δέχεται το μέσο από τις πιθανότητες μετάβασης των Moody’s και S&P²¹.

Παράδειγμα εφαρμογής LAS

Έστω υποθετικό διετές χρεόγραφο/δάνειο μηδενικού-μεριδίου (zero coupon), ονομαστικής αξίας FV ευρώ με αξιολόγηση της πιστοληπτικής ικανότητας του οφειλέτη B. Θεωρούμε ότι σε περίπτωση αδυναμίας αποπληρωμής ο οφειλέτης δεν αποπληρώνει κανένα μέρος του δανείου, το οποίο μεταφράζεται με βάση τη διεθνή ορολογία σε “απώλειες σε περίπτωση αδυναμίας αποπληρωμής” (Loss Given Default) LGD=100%, και ότι η αξιολόγηση του οφειλέτη μπορεί να παραμείνει ίδια B, να αναβαθμιστεί σε A ή ο ίδιος να προβεί σε αδυναμία αποπληρωμής (D). Με βάση τη μεθοδολογία της LAS που αναλύσαμε παραπάνω, κατασκευάζεται το δενδροδιάγραμμα του σχήματος 1.2 που ακολουθεί.

20 Saunders Allen, “Credit Risk Measurement New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms”, σελ. 75

21 Saunders Allen, “Credit Risk Measurement New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms”, σελ. 76



Σχήμα 1.2

όπου το X_T με $X \in \{A, B, D\}$ και $T \in \{0, 1, 2\}$ συμβολίζει την τιμολόγηση του χρεογράφου/δανείου τη χρονική στιγμή T , αναλόγως την αξιολόγηση του οφειλέτη X

και το $p_T(XY)$ με $X, Y \in \{A, B, D\}$ και $T \in \{0, 1, 2\}$ συμβολίζει την πιθανότητα μετάβασης της παρούσας (τη χρονική στιγμή T) αξιολόγησης της πιστοληπτικής ικανότητας του οφειλέτη, X , στην επόμενη, Y .

Τα χρώματα και τα βέλη κατεύθυνσης στο δενδροδιάγραμμα του παραδείγματος είναι βοηθητικά για την επεξήγηση και κατανόηση της μεθοδολογίας. Επίσης, εάν ο οφειλέτης προβεί σε αδυναμία αποπληρωμής, δεν μπορεί να αναβαθμιστεί ξανά η αξιολόγηση της πιστοληπτικής του ικανότητας.

Σύμφωνα με τις υποθέσεις του παραδείγματος, $A_2, B_2 = FV$ και $D_1 = D_2 = D = (1 - LGD) * FV = (1 - 1) * FV = 0$.

Η LAS εργάζεται με αναδρομή από την τελευταία χρονική περίοδο ($T=2$) προς την τωρινή ($T=0$). Τιμολογεί αρχικά το χρεόγραφο/δάνειο για την αμέσως προηγούμενη χρονική στιγμή ($T=1$) και χρησιμοποιώντας τις νέες τιμές $A_1, B_1, D_1 = D_2 = D = 0$, τιμολογεί το χρεόγραφο/δάνειο για τη χρονική στιγμή $T=0$. Για να τιμολογήσουμε το χρεόγραφο/δάνειο, θα χρειαστούμε έναν πίνακα μετάβασης της αξιολόγησης της πιστοληπτικής ικανότητας του οφειλέτη από μία αξιολόγηση σε μία άλλη, ο οποίος υποθέτουμε ότι παρέχεται από κάποιον οίκο αξιολόγησης και περιέχει τις πιθανότητες, $p_0(BB), p_0(BA)$,

$p1(BB)$, $p1(BA)$, $p1(AA)$, $p1(AB)$. Για τον υπολογισμό των πιθανοτήτων που υπολείπονται, $p0(BD)$, $p1(BD)$ και $p1(AD)$, εργαζόμαστε ως εξής:

Βάσει του παρατηρημένου από τους οίκους αξιολόγησης προσαρμοσμένου-στον-κίνδυνο (risk-adjusted) επιτοκίου ενός δανείου y , χρησιμοποιούμε τον τύπο:

$$(1+r)=(1-PD)(1+y) \quad \mathbf{1.1}$$

όπου r το επιτόκιο χωρίς-κίνδυνο (risk-free) και PD η πιθανότητα αδυναμίας αποπληρωμής, με σκοπό να υπολογίσουμε την PD ενός χρεογράφου/δανείου πιστοληπτικής ικανότητας οφειλέτη B . Θεωρούμε για απλούστευση ότι η PD από αρχική αξιολόγηση πιστοληπτικής ικανότητας οφειλέτη B , παραμένει σταθερή στο χρόνο. Τα r και y είναι γνωστά, οπότε υπολογίζουμε την PD και άρα

$$p0(BD)=p1(BD)=PD \quad \mathbf{1.2}$$

Για την τελευταία άγνωστη πιθανότητα μετάβασης $p1(AD)$ γνωρίζουμε ότι

$$PD_{1 \rightarrow 2} = p1(AD) + p1(BD) \quad \mathbf{1.3}$$

με $PD_{1 \rightarrow 2}$ την πιθανότητα αδυναμίας αποπληρωμής του χρέους από τον οφειλέτη την χρονική στιγμή $T=2$, δεδομένου ότι κάτι τέτοιο δεν συνέβη τη χρονική στιγμή $T=1$.

Για να υπολογίσουμε αυτή την πιθανότητα θα χρησιμοποιήσουμε τη μεθοδολογία υπολογισμού των μελλοντικών επιτοκίων (forward rates), r_T . Το μελλοντικό επιτόκιο r_T αντιπροσωπεύει το επιτόκιο για T περιόδους ενός χρεογράφου/δανείου σε t χρονικές περιόδους από τώρα. Στο παράδειγμά μας

$$(1+r_2)^2=(1+r_1)(1+r_1) \Rightarrow$$

$$1+r_1=(1+r_2)^2/(1+r_1) \quad \mathbf{1.4}$$

Και

$$(1+y_2)^2=(1+y_1)(1+y_1) \Rightarrow$$

$$1+y_1=(1+y_2)^2/(1+y_1) \quad \mathbf{1.5}$$

Η σχέση **(1.1)** μετατρέπεται φυσιολογικά σε

$$PD_{1 \rightarrow 2} = 1 - [(1+r_1)/(1+y_1)] \quad \mathbf{1.1'}$$

με $0 < PD_{1 \rightarrow 2} < 1$, αφού $0 < r_1 < y_1 < 1$ (εξ ορισμού) $\Rightarrow 0 < 1+r_1 < 1+y_1 \Rightarrow 0 < (1+r_1)/(1+y_1) < 1 \Rightarrow$

$0 < 1 - [(1+r_1)/(1+y_1)] < 1$. Αντικαθιστώντας τις σχέσεις **(1.4)**, **(1.5)** στην **(1.1')** υπολογίζουμε την $PD_{1 \rightarrow 2}$ και

στη συνέχεια, αντικαθιστώντας τη σχέση **(1.1')** στην **(1.3)**, γνωρίζουμε την πιθανότητα $p_1(AD)$ και πλέον γνωρίζουμε όλες τις πιθανότητες μετάβασης από μία κατάσταση σε μία άλλη, το οποίο μας επιτρέπει να τιμολογήσουμε το χρεόγραφο/δάνειο σε όλες τις χρονικές περιόδους, ως εξής:

$$\begin{aligned}
 & A1 = p_1(AA)[A2/(1+r_1)] + p_1(AB)[B2/(1+r_1)] + p_1(AD)(1-LGD)*FV \Rightarrow \\
 T=1 & \frac{A1 = p_1(AA)[A2/(1+r_1)] + p_1(AB)[B2/(1+r_1)]}{B1 = p_1(BA)[A2/(1+r_1)] + p_1(BB)[B2/(1+r_1)] + p_1(BD)(1-LGD)*FV \Rightarrow} \\
 & \frac{B1 = p_1(BA)[A2/(1+r_1)] + p_1(BB)[B2/(1+r_1)]}{D1=0}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T=0 & \quad B0 = p_0(BA)[A1/(1+r_1)] + p_0(BB)[B1/(1+r_1)] + p_0(BD)(1-LGD)*FV \Rightarrow & \mathbf{1.6} \\
 & \quad B0 = p_0(BA)[A1/(1+r)] + p_1(BB)[B1/(1+r)]
 \end{aligned}$$

Με αυτόν τον τρόπο ολοκληρώνεται η μέθοδος για την τιμολόγηση του χρεογράφου/δανείου.

Έχοντας ολοκληρώσει την τιμολόγηση, δεδομένου ότι γνωρίζουμε τις πιθανότητες μετάβασης από μία κατάσταση σε μία άλλη, μπορούμε να υπολογίσουμε τα πιστωτικά περιθώρια (credit spreads) CS του χρεογράφου/δανείου.

Ο υπολογισμός του προσαρμοσμένου-στον-κίνδυνο επιτοκίου y , δεδομένων της παρούσας αξίας του χρεογράφου CV και της ονομαστικής του αξίας FV δίνεται από τη γενική σχέση της μεθόδου NPV

$$CV = FV/(1+y) \quad \mathbf{1.7}$$

Για δύο χρονικές περιόδους, η σχέση **(1.7)** μεταβάλλεται ως εξής

$$CV = FV/[(1+y_1)(1+y_2)] \quad \mathbf{1.7'}$$

Στο παράδειγμά μας, $CV=B0$ και $y_1=r_1 + CS$ και $y_2=r_1 + CS$. Με αντικατάσταση αυτών στη σχέση **(1.7')**, παίρνουμε τη σχέση

$$B0 = FV/[(1+r_1 + CS)(1+r_1 + CS)] \quad \mathbf{1.7''}$$

την οποία λύνουμε ως προς CS.

Αυτά τα CS εκτιμούν τις μη-αναμενόμενες ζημιές/κέρδη που προκαλούνται από τη μεταβολή της αξιολόγησης του οφειλέτη στη διάρκεια ωρίμανσης του δανείου συνυπολογιζόμενης της πιθανότητας αδυναμίας αποπληρωμής PD. Αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εκτιμητικό εργαλείο για ένα χρεόγραφο/δάνειο και μπορεί θεωρητικά να αναλυθεί σε αναμενόμενες και μη αναμενόμενες ζημιές/κέρδη με διάφορες μεθόδους που δεν θα εξεταστούν στο παρόν.

Ο πίνακας πιθανοτήτων μετάβασης συνήθως δεν είναι σταθερός, όπως στο παράδειγμά μας, αλλά εξαρτάται από τις οικονομικές συνθήκες της περιόδου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα CS που υπολογίζεται μέσω της LAS να διακυμαίνονται αναλόγως των οικονομικών συνθηκών της περιόδου.

Σύμφωνα, μάλιστα, με τους Ginzberg et al. (1994), το εκτεταμένο πλαίσιο αποτίμησης απουσίας-κινδύνου είναι έγκυρο δεδομένου ότι είναι διαθέσιμο ένα χαρτοφυλάκιο υποκείμενων περιουσιακών στοιχείων (underlying assets). Υποκείμενα περιουσιακά στοιχεία ορίζονται τα οικονομικά μέσα (μετοχές, προθεσμιακές συμβάσεις-futures κ.α.), στα οποία βασίζεται η τιμολόγηση ενός παραγώγου χρηματοοικονομικού προϊόντος. Παρόλα αυτά, δεν είναι ξεκάθαρος ο τρόπος με τον οποίο κατασκευάζεται ένα τέτοιο χαρτοφυλάκιο στην περίπτωση των δανείων στην πραγματικότητα, δεδομένου ότι τα περισσότερα δάνεια δεν ανταλλάσσονται στις ανοιχτές αγορές.

3.1.2 Μοντέλο KRM (Kamkura's Risk Manager)

Στην περίπτωση που τα περιθώρια (spreads) ενός χρεογράφου/δανείου περιλαμβάνουν ασφάλιστρα ρευστότητας, κόστη αποθήκευσης και άλλους παράγοντες πέραν των πιστωτικών περιθωρίων, το LAS υπερεκτιμά την έκθεση στον πιστωτικό κίνδυνο. Για το λόγο αυτό, δημιουργήθηκαν τα μοντέλα KRM, τα οποία μοντελοποιούν μερικούς από αυτούς τους “θορυβώδεις” (“noise”) παράγοντες αυτούς, ρητώς.

Μετά από πλήθος εξελίξεων στην προσπάθεια μοντελοποίησης του προβλήματος²², αναπτύχθηκε το μοντέλο KRM βασισμένο στη μελέτη του Jarrow (2001). Η αρχική μοντελοποίηση των Jarrow και Turnbull (1995) αναλύει τα πιστωτικά περιθώρια σε ένα σταθερό LGD και μία ανεξάρτητη διαδικασία “έντασης” (intensity) αδυναμίας αποπληρωμής με κατανομή Poisson, η οποία υπολογίζει το χρόνο της εμφάνισης αδυναμίας αποπληρωμής. Στο μοντέλο τους, η ουδέτερη στο ρίσκο PD αντιπροσωπεύει την πιθανότητα το μη-προβλέψιμο γεγονός που οδηγεί σε αδυναμία αποπληρωμής να προηγηθεί της ωρίμανσης του χρέους, δεδομένης της υπόθεσης μίας Poisson διαδικασίας “κινδύνου” (hazard)²³. Αναλύει τα πιστωτικά περιθώρια σε PD και LGD μέσω της χρήσης τόσο της τιμής του χρέους, όσο και της τιμής του μετοχικού κεφαλαίου, με σκοπό να διαχωρίσει καλύτερα τη διαδικασία “έντασης” αδυναμίας αποπληρωμής και τη διαδικασία αναπλήρωσης ζημίας (loss recovery). Ο ρυθμός “κινδύνου” αδυναμίας αποπληρωμής μοντελοποιείται ως μία συνάρτηση των στοχαστικών επιτοκίων χωρίς-κίνδυνο, των παραγόντων ρευστότητας και των λογαριθμο-κανονικών (lognormal) παραγόντων κινδύνου ως μία στοχαστική διαδικασία για το δείκτη της αγοράς (market index). Η αρχική κατασκευή του KRM, χρησιμοποίησε ως εμπειρικά δεδομένα πιστωτικά περιθώρια, τιμές ομολόγων, τιμές μετοχικού κεφαλαίου και λογιστικά δεδομένα για την περίοδο 1962 έως 1990, με προβλέψεις για την περίοδο 1991 έως 1999. Οι πέντε επεξηγηματικές μεταβλητές που χρησιμοποίησε, αναφερόμενες ως $X(t)$, για να παραμετροποιήσουν το δείγμα είναι:

- επιστροφές στα περιουσιακά στοιχεία = (καθαρά έσοδα)/(συνολικά περιουσιακά στοιχεία)
- μόχλευση = (συνολικές υποχρεώσεις)/(συνολικά περιουσιακά στοιχεία)
- σχετικό μέγεθος = (τιμή μετοχικού κεφαλαίου)/(συνολική αξία αγοράς NYSE και AMEX²⁴)
- υπεραπόδοση (excess return), η οποία είναι η διαφορά της απόδοσης μίας επένδυσης με την

22 Βλέπε σχετικά Saunders Allen, “Credit Risk Measurement New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms”, σελ. 79

23 Βλέπε σχετικά Saunders Allen, “Credit Risk Measurement New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms”, σελ. 81-83

24 Αμερικάνικα Χρηματιστήρια Ανταλλαγής Μετοχών, που εδρεύουν στην πόλη της Νέας Υόρκης

απόδοση του δείκτη CR SP NYSE/AMEX

- μηνιαία μεταβλητότητα μετοχικού κεφαλαίου.

Ο παράγοντας της ρευστότητας μοντελοποιείται σαν “απόδοση άνεσης” (convenience yield), έτσι ώστε όταν υπάρχει έλλειψη/πλεόνασμα στην προσφορά ενός ζητήματος (αντικείμενο ή χρεόγραφο), τότε θα υπάρχει μία θετική/αρνητική “απόδοση άνεσης” ενσωματωμένη στα πιστωτικά περιθώρια των ομολόγων/δανείων. Ως “απόδοση άνεσης” ορίζεται η διαφορά ή το ασφάλιστρο που ενέχει η κατοχή ενός προϊόντος με την κατοχή ενός χρηματοοικονομικού συμβολαίου που αφορά το προϊόν²⁵.

Το ποσοστό αποπληρωμής (recovery rate) σε περίπτωση αδυναμίας αποπληρωμής μοντελοποιείται ως ένα καθορισμένο ποσοστό των τιμών του χρέους ακριβώς πριν την εμφάνιση αδυναμίας αποπληρωμής, το οποίο υπολογίζεται από τις τιμές του μετοχικού κεφαλαίου. Δεδομένου ότι οι οι σειρές (αφού μιλάμε για συνεχή χρόνο και όχι διακριτό) των τιμών των ομολόγων/δανείων και των μετοχικών κεφαλαίων είναι ανεξάρτητες από κατασκευής, το μοντέλο τις χρησιμοποιεί με ασφάλεια για να διαχωρίσει το PD και το LGD. Συγκεκριμένα, οι τιμές εκφράζονται στοχαστικά²⁶:

Τιμές ομολόγων: $B=B[t, T, i, \lambda(t, X(t)), \delta(t, X(t)), \gamma(t, T, X(t)), \mu, S(t, X(t))]$

Τιμές μετοχικού κεφαλαίου: $\xi=\xi[t, T, i, \lambda(t, X(t)), \mu, S(t, X(t))]$

Όπου,

t = η παρούσα χρονική περίοδος,

T = η χρονική περίοδος ωρίμανσης του ομολόγου/δανείου,

i = η στοχαστική διαδικασία επιτοκίου χωρίς αδυναμία αποπληρωμής,

$\lambda(t, X(t))$ = η διαδικασία “έντασης” αδυναμίας αποπληρωμής (στα παραδείγματα ως τώρα, PD),

$\delta(t, X(t))$ = το ποσοστό αναπλήρωσης (1-LGD),

$\gamma(t, T, X(t))$ = το ασφάλιστρο της ρευστότητας,

μ = ένας παράγοντας δημιουργίας “φούσκας” της αγοράς μετοχών,

25 <http://www.investopedia.com/terms/c/convenienceyield.asp>

26 Saunders Allen, “Credit Risk Measurement New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms”, σελ. 80

$S(t, X(t)) =$ το ρευστοποιήσιμο μέρισμα (dividend) σε ένα μετοχικό κεφάλαιο στην περίπτωση αδυναμίας αποπληρωμής ενός ομολόγου/δανείου,

Το αρχικό μοντέλο είχε 81,38% επιτυχή πρόβλεψη των δημοσίων επιχειρήσεων που χρεοκόπησαν και δεν υπήρχαν στο δείγμα που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του μοντέλου, και 65,33% για τις ιδιωτικές, από το σύνολο των εταιρειών που άνηκαν στο ανώτατο δεκατημόριο (decile) του κινδύνου²⁷.

Το μοντέλο υπέστη συνεχή βελτίωση και αλλαγές έκτοτε, με αποτέλεσμα το 2010 να είναι το πιο ακριβές μοντέλο στην αγορά, σύμφωνα με τη Συνέντευξη Τύπου που εξέδωσε η εταιρεία που το διαχειρίζεται, με ποσοστό επιτυχούς πρόβλεψης χρεωκοπίας 95,10% σε βάθος ενός μήνα και 73,13% για περίοδο 120 μηνών²⁸.

Σύνοψη

Δεδομένου ότι τα μοντέλα μειωμένης μορφής είναι καθαρά εμπειρικά, δεν μπορούν να αξιολογηθούν μεταφράζοντας τους οικονομικούς ισχυρισμούς, υποθέσεις και επιπτώσεις τους. Παράγονται προσομοιώνοντας δεδομένα και για το λόγο αυτό παράγουν αποτελέσματα πιο κοντά στην πραγματικότητα από ότι τα δομικά μοντέλα. Τα πλεονεκτήματά τους συνοψίζονται στην εύκολη υπολογισιμότητά τους και στο γεγονός ότι εφαρμόζουν καλύτερα στις παρατηρήσεις για τα πιστωτικά περιθώρια²⁹.

27 Saunders Allen, "Credit Risk Measurement New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms", σελ. 79

28 <http://www.kamakuraco.com/September302010PressRelease.aspx>

29 Saunders Allen, "Credit Risk Measurement New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms", σελ. 81

3.2 Value at Risk (VaR) Μοντέλα

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενα κεφάλαια, στα τέλη της δεκαετίας του 1980 έγιναν οι πρώτες συστηματικές προσπάθειες ποσοτικοποίησης των κινδύνων και ιδιαίτερα του Κινδύνου Αγοράς, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τη σύσταση της Επιτροπής της Βασιλείας. Εκείνη την περίοδο, μάλιστα, υπήρχε έντονη ανησυχία σχετικά με την ορθή διαχείριση των παράγωγων χρηματοοικονομικών προϊόντων, η οποία σε συνδυασμό με τις απώλειες υψηλών κεφαλαίων από τις τράπεζες και τις πολυεθνικές οδήγησε το Γκρουπ των 30 (G-30) στη σύγκληση μιας σύσκεψης για τη συζήτηση των καλύτερων πρακτικών διαχείρισης χρηματοοικονομικών κινδύνων. Αυτή η κίνηση, σε συνδυασμό με την προσπάθεια καθιέρωσης ενός προτύπου αναφοράς για τη διαχείριση των κινδύνων της αγοράς που είχε θέσει η J.P. Morgan εκείνη την περίοδο και με την τοποθέτηση ενός αντιπροσώπου της στο Γκρουπ των 30, οδήγησε στην πρώτη επίσημη παρουσίαση της μεθόδου Value at Risk στην έκθεση της σύσκεψης των G-30 το 1993. Επίσημα, ως δημιουργός της μεθόδου αναγνωρίζεται ο Till Guldemann, επικεφαλής της παγκόσμιας έρευνας της J.P.Morgan στα τέλη του 1980.

Το θεωρητικό υπόβαθρο που αποτέλεσε τη βάση για τις παραδοσιακές μεθόδους μέτρησης κινδύνου καθορίστηκε κυρίως από την θεωρία χαρτοφυλακίου “Markowitz”, τη θεωρία διαχείρισης χρηματοοικονομικών κινδύνων και τις εξελίξεις της αποτίμησης παραγώγων χρηματοοικονομικών προϊόντων.

3.2.1 VaR (Value at Risk)

Ένας διαισθητικός ορισμός της VaR είναι ο εξής:

Η VaR συνοψίζει τη χειρότερη απώλεια σε ένα καθορισμένο χρονικό ορίζοντα, η οποία δεν θα ξεπεραστεί δεδομένου ενός διαστήματος εμπιστοσύνης.

Πρακτικά, με τη μέθοδο VaR μετράται, κάτω από κανονικές συνθήκες στην αγορά, η μέγιστη πιθανή ή αναμενόμενη ζημία και κατά συνέπεια η μείωση (ζημία) της αξίας ενός χαρτοφυλακίου ή η μείωση της αξίας (καθαρής θέσης) ενός χρηματοοικονομικού οργανισμού, για δεδομένο χρονικό ορίζοντα ή για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο και εντός συγκεκριμένου διαστήματος στατιστικής εμπιστοσύνης³⁰.

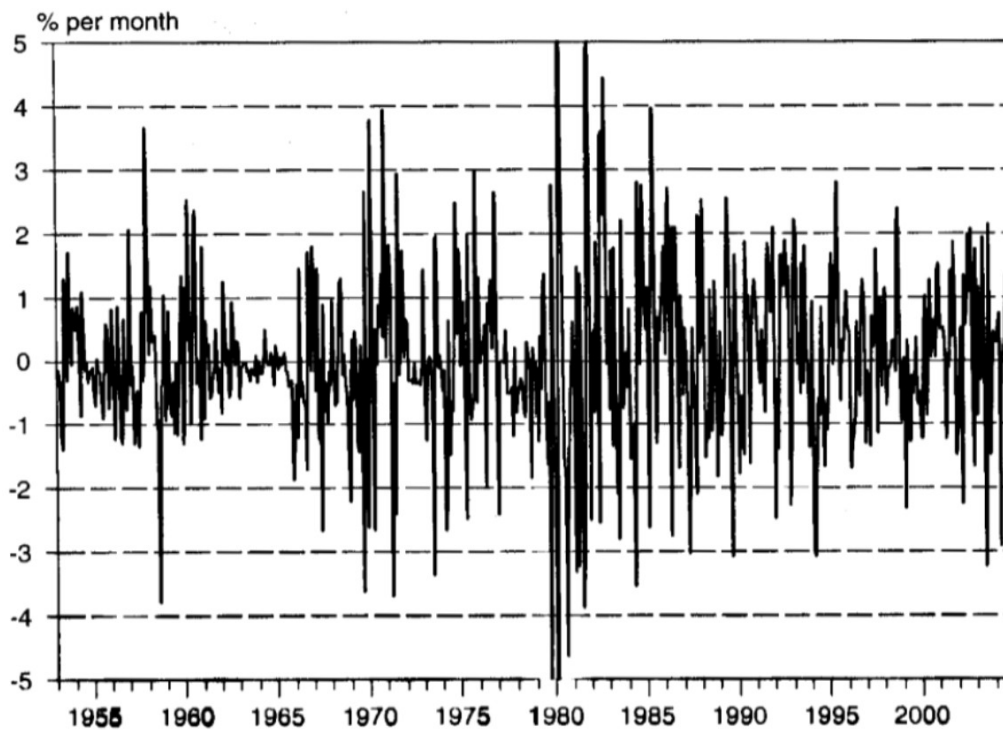
Συγκεκριμένα, η εξίσωση που περιγράφει τον παραπάνω ορισμό είναι η εξής:

$$P(x < VaR) = a\% \text{ ή } P(x > VaR) = (100 - a)\%$$

όπου x η πραγματική απώλεια και a το διάστημα εμπιστοσύνης.

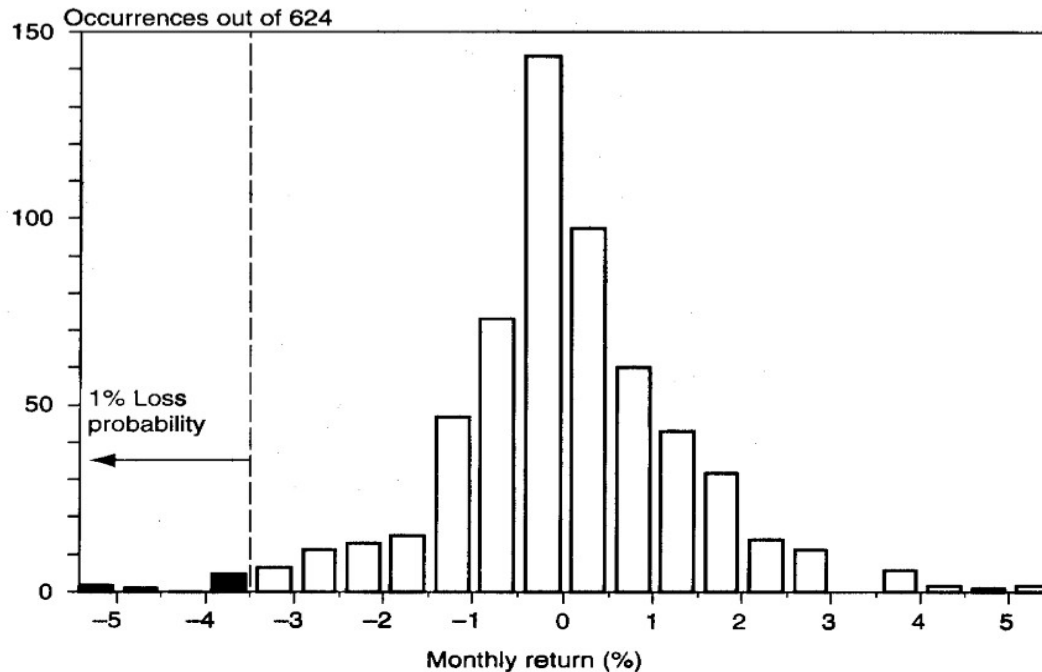
30 Αγγελόπουλος Χρ. Π. (2010) “Τράπεζες και Χρηματοπιστωτικό Σύστημα, Αγορές – Προϊόντα – Κίνδυνοι”

Για την καλύτερη κατανόηση του ορισμού θα παραθέσουμε το εξής παράδειγμα. Έστω ότι ένας επενδυτής έχει στην κατοχή του τίτλους μεσαίας-διάρκειας αξίας 100.000.000 ευρώ. Για να υπολογίσουμε με τη χρήση της VaR τη μεταβολή αυτής της θέσης αρκεί να προσομοιώσουμε τις αποδόσεις της επένδυσης σε χρονικό ορίζοντα ενός μήνα από ιστορικά δεδομένα. Στο παρακάτω διάγραμμα (χρονοσειρά) απεικονίζονται οι μηνιαίες αποδόσεις των 5ετών ομολόγων της Αμερικανικού Υπουργείου Οικονομικών από το 1953 (**Διάγραμμα 1.1**). Το δείγμα περιέχει 624 μήνες και απεικονίζει αποδόσεις που διακυμαίνονται από -5% έως 5%. Κατασκευάζοντας κατάλληλες κλάσεις από το μικρότερη μέχρι τη μεγαλύτερη απόδοση (εδώ ανά 1 μονάδα απόδοσης), μπορούμε να μετρήσουμε τις παρατηρήσεις που περιέχονται σε κάθε κλάση. Για παράδειγμα, υπάρχουν 2 παρατηρήσεις κάτω από 5%, μία παρατήρηση μεταξύ -5% έως -4,5% κ.ο.κ. Μέσω αυτής της διαδικασίας, μπορούμε να κατασκευάσουμε μία κατανομή των συχνοτήτων για τις μηνιαίες αποδόσεις, η οποία μετρά πόσες εμφανίσεις έχουν παρατηρηθεί σε ένα συγκεκριμένο διάστημα. Αυτό το ιστόγραμμα φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα (**Διάγραμμα 1.2**).



Διάγραμμα 1.1³¹

31 Jorion P. (2007), "Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk"



Διάγραμμα 1.2³²

Έστω ότι επιλέγουμε διάστημα εμπιστοσύνης 99%. Πρέπει να βρούμε τη ζημία που δεν μπορεί να ξεπεράσει το 99% των περιπτώσεων, ή που το 1% των περιπτώσεων είναι μικρότερο από αυτή, δηλαδή 6 από τις 624 παρατηρήσεις. Από το Διάγραμμα 1.2, αυτό το νούμερο υπολογίζεται στο -3,6%. Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, είμαστε 99% σίγουροι ότι το χαρτοφυλάκιο δεν θα έχει ζημίες μεγαλύτερες από $100.000.000 * -3,6\%$, ή 3.600.000 ευρώ σε διάστημα ενός μηνός. Οπότε η VaR είναι περίπου 3.600.000 ευρώ. Η αντίστοιχη ανακοίνωση που πρέπει να γίνει σε αυτή την περίπτωση σε μη τεχνικό κοινό είναι : Υπό κανονικές συνθήκες, η μεγαλύτερη πιθανή απώλεια του χαρτοφυλακίου σε διάστημα ενός μηνός είναι περίπου 3,6 εκατομμύρια ευρώ σε 99% διάστημα εμπιστοσύνης (Jorion, 2007). Η μεθοδολογία της VaR ολοκληρώνεται με την προσθήκη δύο επιπλέον διαδικασιών, του StressTesting και του BackTesting. Η πρώτη διαδικασία ελέγχει τη συμπεριφορά του εν λόγω χαρτοφυλακίου κάτω από ακραία μακροοικονομικά σενάρια, ενώ η δεύτερη επαληθεύει την ορθότητα της μεθόδου συνήθως με ιστορικά στοιχεία.

32 Jorion P. (2007), "Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk"

Παράμετροι της VaR

Με βάση τα παραπάνω για να προχωρήσουμε στον υπολογισμό της VaR, πρέπει να γίνουν κάποιες υποθέσεις για τις παραμέτρους της μεθόδου, οι οποίες αναλύονται σε τρεις βασικές³³:

- Χρονικός Ορίζοντας
- Επίπεδο Εμπιστοσύνης
- “Παράθυρο Δεδομένων”

Χρονικός Ορίζοντας

Η επιλογή του Χρονικού Ορίζοντα εξαρτάται από τη φύση του χαρτοφυλακίου. Για ένα χαρτοφυλάκιο τραπεζικών συναλλαγών επενδυμένο σε υψηλά ρευστοποιήσιμο συνάλλαγμα, η επιλογή χρονικού ορίζοντα μίας ημέρας μπορεί να είναι αποδεκτή. Για έναν διαχειριστή επενδύσεων που εστιάζει σε μηνιαία εξισορρόπηση κεφαλαίου και αναφορών, η επιλογή ενός 30-ήμερου χρονικού ορίζοντα είναι πιο λογική. Εν ολίγοις, η επιλογή χρονικού ορίζοντα εξαρτάται πρακτικά από τη συχνότητα αναπροσαρμογών του χαρτοφυλακίου θέσης.

Διάστημα Εμπιστοσύνης

Η επιλογή του διαστήματος εμπιστοσύνης είναι ενδεικτική της στάσης κάθε οργανισμού απέναντι στον κίνδυνο. Όσο μεγαλύτερο είναι το διάστημα εμπιστοσύνης, τόσο ελαττώνεται η πιθανότητα η VaR να αποτύχει να προβλέψει ακραία φαινόμενα. Οι πιο συνηθισμένες τιμές, είναι 90%, 95%, 98% και 99%.

“Παράθυρο Δεδομένων”

Το “παράθυρο δεδομένων” αφορά τη χρονική περίοδο που καλύπτει το δείγμα των ιστορικών δεδομένων. Η επιλογή του εύρους “παραθύρου εμπιστοσύνης” επηρεάζεται από δύο αντικρουόμενες απαιτήσεις. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των παρατηρήσεων, τόσο ακριβέστερη αποβαίνει η εκτίμηση του κίνδυνου, αλλά η συμπεριφορά της χρονοσειράς δεδομένων αλλάζει με την πάροδο του χρόνου λόγω της στοχαστικής της φύσης και ο μεγάλος όγκος δεδομένων ανεβάζει την πολυπλοκότητα των υπολογισμών και τους πόρους που χρειάζονται.

³³ Σταϊκούρας Χ. (2005) “Τραπεζική Χρηματοοικονομική”, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Είδη της VaR

- Οριακή (Marginal VaR)

Αυτό το είδος υπολογίζει το ποσοστό επιρροής μίας θέσης ή ενός υπο-χαρτοφυλακίου στη συνολική VaR του χαρτοφυλακίου που ανήκει. Βοηθά τους διαχειριστές κινδύνου να μελετήσουν τις επιδράσεις της προσθήκης ή αφαίρεσης μίας θέσης από ένα χαρτοφυλάκιο.

- I VaR (Incremental VaR)

Αυτό το είδος είναι συναφές της οριακής VaR και συγκεκριμένα υπολογίζει το βαθμό αβεβαιότητας που προστίθεται ή αφαιρείται σε ένα χαρτοφυλάκιο με την αγορά ή πώληση μίας επένδυσης. Χρησιμοποιείται από τους επενδυτές για να αποφασιστεί κατά πόσον μία επένδυση πρέπει να πραγματοποιηθεί, δεδομένου του πιθανού αντίκτυπου στις πιθανές ζημίες ενός χαρτοφυλακίου. Η ουσιαστική διαφορά μεταξύ των δύο αυτών συγγενών ειδών είναι ότι η I VaR υπολογίζεται από το συνολικό επαναυπολογισμό του χαρτοφυλακίου ενώ η Οριακή VaR προσεγγίζει την αλλαγή στη VaR του χαρτοφυλακίου.

- Component VaR

Αυτό το είδος χρησιμοποιείται για τη σύγκριση σημείων συγκέντρωσης κινδύνου (rockets), την επιμέρους κατηγοριοποίηση των κινδύνων μιας εταιρείας, όπως και την εύρεση θέσεων αντιστάθμισης για τη μείωση αυτού (Hallerbach, 1999)

- Dynamic VaR

Αυτό το είδος αποτελεί μία παλαιότερη παραλλαγή της μεθόδου, που λαμβάνει υπόψη της κάποιες προσυμφωνημένες στρατηγικές αντιστάθμισης. Το είδος αυτό ενδείκνυται όταν έχουμε να κάνουμε με καθαρά κερδοσκοπική θέση με stop-loss εντολές, ώστε να προλαμβάνονται μεγάλες χρηματικές απώλειες (Wiener, 1997).

- Beyond VaR (BvaR)

Αυτό το είδος μας επιτρέπει να συνοψίσουμε σε ένα μοναδικό νούμερο τις ζημίες πέρα από αυτές που υποδεικνύει η απλή VaR. Μία σημαντική ιδιότητά της είναι ότι, ενώ η παραδοσιακή VaR εξετάζει τον κίνδυνο αγοράς υπό κανονικές σχετικά συνθήκες αγοράς, η BvaR εξετάζει τις ακραίες. Συγκεκριμένα, σε περίπτωση χρήση της BvaR, θα λαμβάνουμε υπόψη τόσο τη συχνότητα όσο και το μέγεθος των ακραίων γεγονότων (Longin, 2001).

- Conditional VaR (CvaR)

Το συγκεκριμένο είδος είναι μία μέθοδος που συχνά χρησιμοποιείται για να μειώσει την πιθανότητα ένα χαρτοφυλάκιο να εμφανίσει υψηλές απώλειες. Αυτό πραγματοποιείται υπολογίζοντας την πιθανότητα (σε ένα συγκεκριμένο διάστημα εμπιστοσύνης) μία συγκεκριμένη ζημία να ξεπεράσει την τιμή του ρίσκου. Από μαθηματικής σκοπιάς, η CvaR παράγεται παίρνοντας ένα σταθμισμένο μέσο μεταξύ της VaR και των ζημιών που ξεπερνούν τη VaR.

- Bayesian VaR

Οι Albanese et al (1997) εισήγαγαν την Bayesian VaR με σκοπό να παρατηρήσουν fat tailed κατανομές και μεταβολές διακυμάνσεων σε ένα πολυμεταβλητό επίπεδο (Ausin, Galeano and Gosh, 2014).

- Ex VaR (Extended VaR)

Το συγκεκριμένο μοντέλο προτάθηκε από τους Oda και Muranaga (1997). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο στον κίνδυνο αγοράς, αλλά και στον πιστωτικό κίνδυνο. Επιπλέον, δε βασίζεται στην αβεβαιότητα της μελλοντικής αξίας του χαρτοφυλακίου, αλλά στην αβεβαιότητα των χρηματοροών που θα προκύψουν από αυτό όπως π.χ. επιτόκια, κόστη συναλλαγών (Oda, Muranaga, 1997).

Υπολογισμός της VaR

Στη συνέχεια θα ασχοληθούμε με την κατασκευή και τον υπολογισμό της VaR, υπενθυμίζοντας τον επίσημο ορισμό της VaR για ένα χαρτοφυλάκιο. *Η VaR ορίζεται ως η χειρότερη ζημία σε ένα συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα, τέτοια ώστε να υπάρχει μία χαμηλή, προκαθορισμένη πιθανότητα η πραγματική ζημία να είναι μεγαλύτερη.*

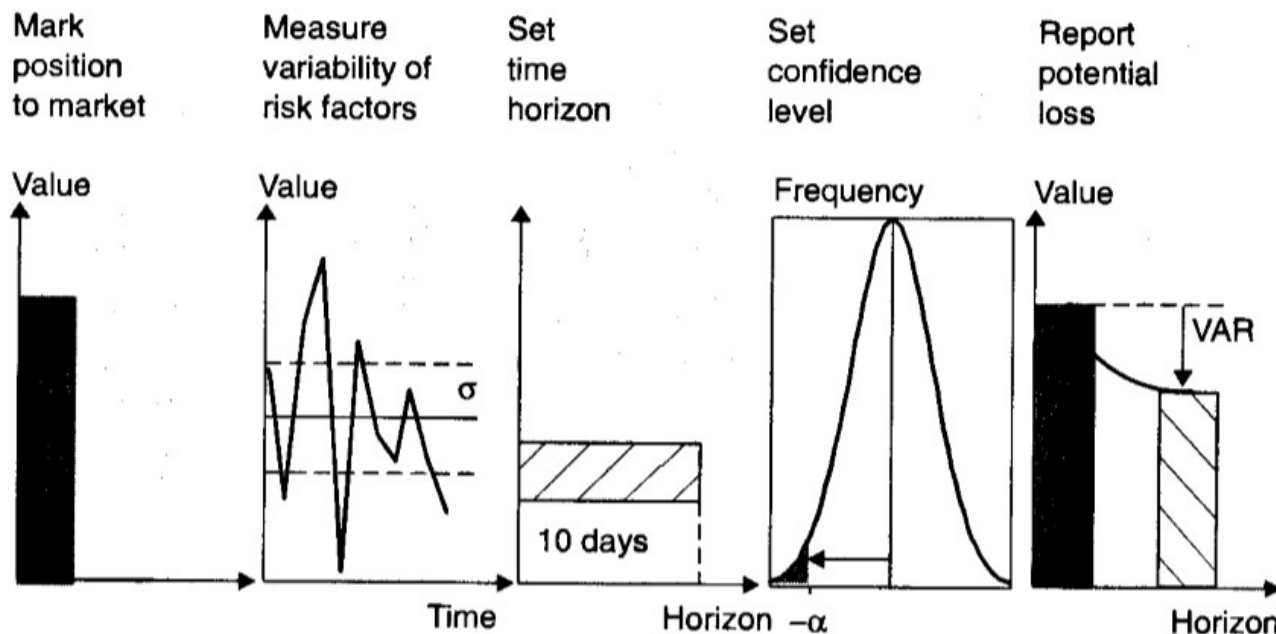
Ανεξαρτήτως της μεθόδου υπολογισμού της VaR υπάρχουν κάποιες κοινές διαδικασίες σε όλες τις μεθόδους για μια θέση ή για ένα χαρτοφυλάκιο.

Συγκεκριμένα:

- Αποτίμηση της αγοραίας αξίας του χαρτοφυλακίου
- Υπολογισμός της μεταβλητότητας του παράγοντα κινδύνου
- Επιλογή του χρονικού ορίζοντα
- Επιλογή του διαστήματος εμπιστοσύνης

- Υπολογισμός της χειρότερης δυνατής ζημίας μέσω της επεξεργασίας όλων των έως τότε πληροφοριών σε ένα διάγραμμα κατανομής πιθανότητας αποδοχών, το οποίο συνοψίζεται από τη VaR

Ένα κατατοπιστικό διάγραμμα που περιλαμβάνει τους παραπάνω παράγοντες είναι το παρακάτω :



Διάγραμμα 1.3³⁴

Έστω ένα υποθετικό σενάριο υπολογισμού της VaR ενός χαρτοφυλακίου αγοραίας αξίας 1.000 ευρώ σε διάστημα 30 ημερών με διάστημα εμπιστοσύνης 99% και υποτιθέμενη μεταβλητότητα παραγόντων κινδύνου 15%. Η VaR προκύπτει από το γινόμενο της αξίας του χαρτοφυλακίου με τη μεταβλητότητα, τη ρίζα του ποσοστού του χρονικού ορίζοντα δια των συνολικών (ετήσιων) ημερών συναλλαγών (252 ημέρες) και της κρίσιμης τιμής που αντιστοιχεί στο 99% διάστημα εμπιστοσύνης στην τυποποιημένη κανονική κατανομή που θεωρούμε ότι ακολουθεί λόγω του μεγέθους της η πληροφορία (2,33).

$$\text{VaR} = 1.000 * 15\% * \text{sqrt}(30/252) * 2,33 = 120,59 \text{ ευρώ}$$

Αυτό συμβολίζει ότι για τις επόμενες 30 ημέρες, υπάρχει πιθανότητα 1% οι ζημιές να υπερβούν τα 120,59 ευρώ.

34 Jorion P. (2007), "Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk"

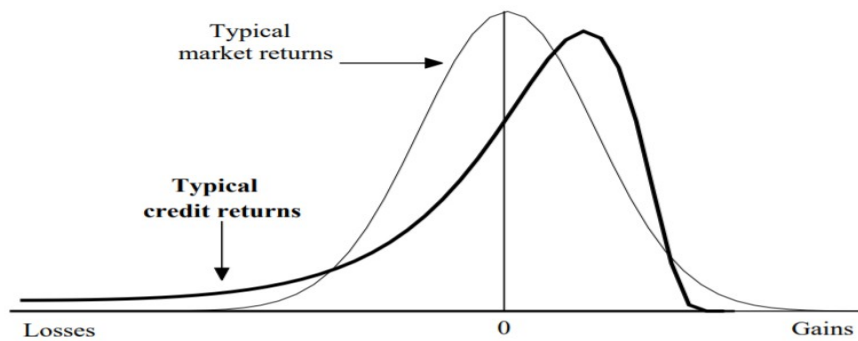
3.2.2 CreditMetrics

Το μοντέλο CreditMetrics παρουσιάστηκε για πρώτη φορά στο κοινό το 1997 από τη J.P. Morgan ως ένα πλαίσιο VaR, με σκοπό να εφαρμοστεί στην εκτίμηση και τον κίνδυνο των μη-ανταλασσόμενων περιουσιακών στοιχείων, όπως τα δάνεια. Σύμφωνα με τον ορισμό της ομάδας RiskMetrics στην τεχνική μελέτη της μεθόδου, η μέθοδος CreditMetrics είναι ένα εργαλείο για τη διαχείριση του κινδύνου ενός χαρτοφυλακίου, όταν ο κίνδυνος προκαλείται από αλλαγές στην πιστοληπτική ικανότητα του οφειλέτη³⁵.

Η ιδέα βασίζεται στην ανάγκη υπολογισμού του πιστωτικού κινδύνου, ο οποίος από τα τέλη της δεκαετίας του 1990 έχει γίνει το κυριότερο εργαλείο της διαχείρισης κινδύνου χαρτοφυλακίων. Παρά τα διάφορα μέτρα που εισήχθησαν από οργανισμούς για τον έλεγχο των πιστωτικών διαδικασιών, οι ομάδες διαχείρισης κινδύνου προσπάθησαν να ποσοτικοποιήσουν και να εισαγάγουν τον υπολογισμό του πιστωτικού κινδύνου σε ένα μέτρο VaR, το οποίο να αντικατοπτρίζει την έκθεση στον κίνδυνο αγοράς, στη μετάβαση της αξιολόγησης της πιστοληπτικής ικανότητας και στην αδυναμία αποπληρωμής.

Το μοντέλο, λοιπόν, βασίζεται στο γεγονός ότι οι εισροές κεφαλαίων που επενδύονται σε ένα χαρτοφυλάκιο είναι σχετικά συμμετρικές και μπορούν να προσεγγιστούν αρκετά καλά από την κανονική κατανομή ή κατανομή Gauss. Η εκμετάλλευση του χαρακτηριστικού αυτού, επιτρέπει στο μοντέλο να χρησιμοποιήσει το μέσο όρο και την τυπική απόκλιση για να μας βοηθήσει να κατανοήσουμε τον κίνδυνο της αγοράς. Σε αντίθεση, η κατανομή των πιστωτικών εισροών έχουν μία κλίση προς τα δεξιά με παχύτερες ουρές, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.1. Αυτό οφείλεται κυρίως στην εμφάνιση αδυναμιών αποπληρωμής, καθώς οι πιστωτικές εισροές χαρακτηρίζονται από μία σχετικά μεγάλη πιθανότητα ενός σχετικά μικρού κέρδους σε συνδυασμό με μια σχετικά μικρή πιθανότητα να υπάρξουν μεγάλες ζημιές. Για τους λόγους αυτούς, απαιτούνται περισσότερα μέτρα, πέραν της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης, για να κατανοήσουμε την κατανομή ενός πιστωτικού χαρτοφυλακίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η μέθοδος να παράγει δύο μέτρα VaR, ένα υποτιθέμενης κανονικής κατανομής των τιμών του δανείου και ένα υποτιθέμενης της πραγματικής κατανομής των τιμών.

35 RiskMetrics Group Inc. (2007), "CreditMetrics: Technical Document", σελ. 5



Σχήμα 1.1³⁶

Για να υπολογίσουμε το αντίστοιχο μέτρο VaR πρέπει να υπολογιστούν η αγοραία αξία κάθε δανείου V και η τυπική του απόκλιση σ . Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, τα δάνεια δεν ανταλλάσσονται στις ανοιχτές αγορές, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η παρατήρηση της αγοραίας αξίας ενός δανείου (ή άλλου περιουσιακού στοιχείου) V , ούτε η τυπική απόκλισή του, σ , στο διάστημα που μας ενδιαφέρει. Παρόλα αυτά, ο υπολογισμός τους είναι εφικτός, χρησιμοποιώντας

- τις διαθέσιμες πληροφορίες για την πιστοληπτική ικανότητα του οφειλέτη
- την πιθανότητα μετάβασης της αξιολόγησης της πιστοληπτικής ικανότητας σε μία άλλη (τον πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης)
- τα ποσοστά αποπληρωμής σε περίπτωση αδυναμίας αποπληρωμής του δανείου
- τα πιστωτικά περιθώρια και τις αποδόσεις στις αγορές ομολόγων (ή δανείων)

Υπολογίζοντας τα V και σ για οποιαδήποτε μη-ανταλασσόμενο δάνειο ή ομόλογο ενός χαρτοφυλακίου, μπορούμε να εκτιμήσουμε ένα μέγεθος VaR για μεμονωμένα δάνεια ή χαρτοφυλάκια δανείων. Ο πίνακας πιθανοτήτων μετάβασης της αξιολόγησης της πιστοληπτικής ικανότητας του οφειλέτη μπορεί να παραχθεί με σχετική ευκολία από τα ιστορικά δεδομένα που δημοσιεύουν για τα ομόλογα και τα δάνεια οι διεθνείς οίκοι αξιολόγησης (S&P, Moody's, KMV κ.α.).

Για τον υπολογισμό της αγοραίας αξίας V του δανείου, μας ενδιαφέρει η μεταβολή της αξιολόγησης της πιστοληπτικής ικανότητας του οφειλέτη. Αυτό συμβαίνει, διότι η μεταβολή της αξιολόγησης στο χρονικό ορίζοντα ωρίμανσης του δανείου έχει φυσικές επιπτώσεις στην τιμολόγηση του δανείου. Συγκεκριμένα, η μείωση/αύξηση της αξιολόγησης του οφειλέτη οδηγεί στην αύξηση/μείωση των απαιτούμενων ασφαλιστρών πιστωτικών περιθωρίων (credit spreads premiums) του δανείου με αποτέλεσμα τη μείωση

³⁶ RiskMetrics Group Inc. (2007), "CreditMetrics: Technical Document", σελ. 7

της αξίας του χρεογράφου για τον ενδιαφερόμενο οικονομικό οργανισμό.

Έτσι, για ένα υποθετικό δάνειο αξίας S , 5ετούς ωρίμανσης, με σταθερό ετήσιο επιτόκιο r , σε οφειλέτη με αξιολόγηση πιστοληπτικής ικανότητας X , η τιμολόγηση του δανείου τον πρώτο χρόνο μετά την έκδοσή του δεδομένου ότι συνέβη ένα “πιστωτικό γεγονός” (credit-event) το χρόνο αυτό, δίνεται από τη σχέση:

$$V = rS + \frac{rS}{1+{}_1r_1+s_1} + \frac{rS}{1+{}_1r_2+s_2} + \frac{rS}{1+{}_1r_3+s_3} + \frac{(1+r)S}{1+{}_1r_4+s_4} \quad 2.1^{37}$$

όπου, ${}_1r_t$: τα μελλοντικά επιτόκια (forward rates) χωρίς-κίνδυνο, που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο των μοντέλων μειωμένης μορφής, και s_t : τα ετήσια πιστωτικά περιθώρια σε δάνεια (μηδενικού μερίσματος) της κλάσης αξιολόγησης που εξετάζουμε, για περίοδο ωρίμανσης ενός, δύο, τριών και τεσσάρων ετών. Τα s_t υπολογίζονται από τα παρατηρημένα περιθώρια (spreads) σε εταιρικά ομόλογα συγκριτικά με τα αντίστοιχα ομόλογα Θησαυροφυλακίων. Στη μέθοδο CreditMetrics, τα επιτόκια είναι σταθερά και άρα μπορούν να υπολογιστούν από τις παρατηρημένες τιμές των επιτοκίων, όπως έγινε στο κεφάλαιο ανάλυσης της μεθόδου LAS.

Για την εύρεση του μέτρου VaR, αφού υπολογιστούν όλες τις πιθανές τιμές του δανείου, V_i , για τις διάφορες πιθανές αξιολογήσεις i (πλήθους K) από τη σχέση **(2.1)**, υπολογίζεται η μέση τιμή, μ , της αξίας του δανείου τη χρονική περίοδο που εξετάζεται, παίρνοντας το άθροισμα των τιμών του δανείου V_i επί την πιθανότητα μετάβασης, p_i , στην αντίστοιχη κατάσταση i . Αντίστοιχα υπολογίζεται η τυπική απόκλιση, σ , ως η ρίζα της διασποράς, σ^2 . Οι σχέσεις για τον υπολογισμό αυτών των τιμών είναι οι σχέσεις **(2.2)**, **(2.3)** αντίστοιχα.

$$\mu = E(V) = \sum_{i=0}^K V_i p_i \quad 2.2$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\sum_{i=0}^K (V_i - \mu)^2 p_i} \quad 2.3$$

Στην περίπτωση που υποθέτουμε ότι οι αξίες του δανείου ακολουθούν κανονική κατανομή, υπολογίζουμε τη VaR για τα επιθυμητά διαστήματα εμπιστοσύνης, έστω 95% και 99%. Στην κανονική κατανομή το 90% των παρατηρήσεων βρίσκονται μεταξύ $\mu - 1,65\sigma$ και $\mu + 1,65\sigma$ και το 98% μεταξύ $\mu - 2,33\sigma$ και $\mu + 2,33\sigma$, όπου μ ο μέσος της κατανομής και σ η τυπική απόκλιση.

37 Saunders Allen, Credit Risk Measurement New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms, σελ. 89

Έτσι,

$$\eta \text{ 5\% VaR} = 1,65\sigma$$

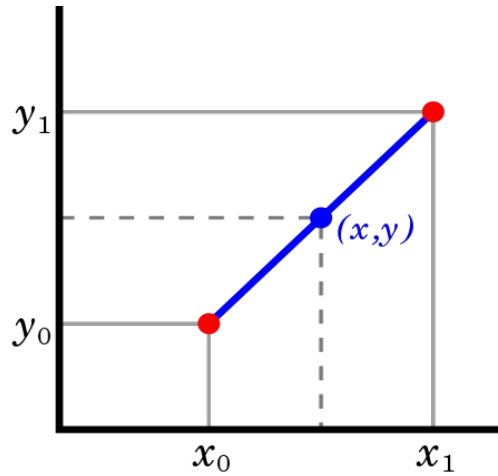
$$\eta \text{ 1\% VaR} = 2,33\sigma$$

Στην περίπτωση που θέλουμε να υπολογίσουμε την VaR για την πραγματική κατανομή των τιμών του δανείου και εάν αυτή δεν μοντελοποιείται, αθροίζουμε τις πιθανότητες μετάβασης από τη μικρότερη αξιολόγηση προς τη μεγαλύτερη έως ότου να βρούμε το αμέσως μικρότερο και το αμέσως μεγαλύτερο άθροισμα από το διάστημα εμπιστοσύνης της VaR που εξετάζουμε. Έτσι, εάν θέλουμε να υπολογίσουμε τις 1% και 5% VaR, αθροίζουμε τις πιθανότητες μετάβασης από τη χαμηλότερη προς την υψηλότερη αξιολόγηση έως ότου να υπολογίσουμε τέσσερα αθροίσματα:

- (1) το άθροισμα που είναι αμέσως μικρότερο από το 1%, M_1 ,
- (2) το άθροισμα που είναι αμέσως μεγαλύτερο από το 1%, M_2 ,
- (3) το άθροισμα που είναι αμέσως μικρότερο από το 5%, M_3 , και
- (4) το άθροισμα που είναι αμέσως μεγαλύτερο από 5%, M_4 .

Για κάθε μία από τις καταστάσεις αξιολόγησης, k , τις πιθανότητες, p_k των οποίων αθροίσαμε για να υπολογίσουμε τα αθροίσματα M_i , μπορούμε να υπολογίσουμε από τη σχέση **(2.3)** τις αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις σ_i , παράγοντας σημεία (σ_i, M_i) . Αφού υπολογίσουμε αυτά τα σημεία, εφαρμόζουμε τη μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής, η οποία εκτιμά με σχετικά καλή ακρίβεια η ζητούμενη πραγματική VaR.

Η μέθοδος της γραμμικής παρεμβολής χρησιμοποιείται σε γραμμικά πολυώνυμα $y=p(x)$ όταν θέλουμε να υπολογίσουμε τις συντεταγμένες ενός άγνωστου σημείου του γραφήματος του πολυωνύμου, το οποίο βρίσκεται ανάμεσα σε δύο γνωστά σημεία (x_0, y_0) και (x_1, y_1) . Οι συντεταγμένες του αγνώστου σημείου (x, y) βρίσκονται από την εξίσωση, η οποία προκύπτει από το γράφημα του πολυωνύμου του Σχήματος **(2.1)**,



Σχήμα 2.1³⁸

$$\frac{y - y_0}{x - x_0} = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \quad 2.4$$

Στην περίπτωση υπολογισμού VaR συγκεκριμένου διαστήματος εμπιστοσύνης μέσω της μεθόδου της γραμμικής παρεμβολής, θεωρούμε τα ποσοστά της VaR, εδώ 1% και 5%, ως μεταβλητές απόκρισης y και τις τυπικές αποκλίσεις που τους αντιστοιχούν ως επεξηγηματικές μεταβλητές x . Τα σημεία στο παραγόμενο γράφημα βρίσκονται πολύ κοντά και έτσι μπορούμε να υποθέσουμε ότι το ποσοστό της VaR είναι ένα πολυώνυμο της τυπικής απόκλισης, $y = p(x)$ και πλέον μπορεί να υπολογιστεί η τυπική απόκλιση x του επιθυμητού ποσοστού VaR, y , μέσω της μεθόδου της γραμμικής παρεμβολής. Συγκεκριμένα, για την 1% VaR το ζητούμενο σημείο είναι το σημείο $(x_1, 0.01)$ και για την 5% VaR το ζητούμενο σημείο είναι το σημείο $(x_5, 0.05)$, τα οποία δίνονται από τις σχέσεις :

$$\frac{0.01 - M_1}{x_1 - \sigma_1} = \frac{M_2 - M_1}{\sigma_2 - \sigma_1} \Rightarrow x_1 = \frac{(\sigma_2 - \sigma_1)(0.01 - M_1)}{M_2 - M_1} + \sigma_1 \quad 2.4'$$

$$x_5 = \frac{(\sigma_4 - \sigma_3)(0.05 - M_3)}{M_4 - M_3} + \sigma_3 \quad 2.4''$$

και άρα

- η 5% VaR = $\frac{(\sigma_2 - \sigma_1)(0.01 - M_1)}{M_2 - M_1} + \sigma_1$

³⁸ Berland, PhD in Numerical Analysis, NTNU, 2006

$$\bullet \text{ η 1\% VaR} = \frac{(\sigma_4 - \sigma_3)(0.05 - M_3)}{M_4 - M_3} + \sigma_3$$

Ένα άλλο μέτρο κινδύνου που μπορεί να υπολογιστεί μέσω της μεθόδου CreditMetrics είναι το εκατοστημόριο³⁹. Συγκεκριμένα, ορίζουμε την ελάχιστη τιμή που θα φτάσει το χαρτοφυλάκιο στο 1% του χρόνου ως το πρώτο εκατοστημόριο. Αυτό το μέτρο διευκολύνει τη μέτρηση του κινδύνου, διότι αφού υπολογίσουμε την τιμή του πρώτου εκατοστημορίου, γνωρίζουμε ότι η πιθανότητα η πραγματική τιμή του χαρτοφυλακίου να είναι χαμηλότερη από αυτό τον αριθμό είναι 1%. Στην κανονική κατανομή μπορούμε να υπολογίσουμε τα εκατοστημόρια μέσω της τυπικής απόκλισης. Επειδή, όμως, όπως αναφέραμε η κατανομή του πιστωτικού κινδύνου δεν είναι κανονική, είναι απαραίτητη μία άλλη προσέγγιση.

Η ευθεία μέθοδος θα ήταν να καθορίσουμε την πραγματική κατανομή των τιμών του χαρτοφυλακίου. Επειδή αυτό είναι αρκετά χρονοβόρο και δεν είναι πάντα εφικτό, προσομοιώνουμε διάφορες τυχαίες ενδεχόμενες τιμές χαρτοφυλακίων μέσω της μεθοδολογίας Monte Carlo. Αφού προσομοιώσουμε τις πιθανές τιμές, τις ταξινομούμε από την μικρότερη προς τη μεγαλύτερη και το πρώτο εκατοστημόριο είναι η τιμή που βρίσκεται ακριβώς πριν από την τιμή που αντιστοιχεί στο μικρότερο 1% των συνολικών τιμών.

Οι διαφορές στην υπολογιστική πολυπλοκότητα δίνουν διάφορες εναλλακτικές στη χρήση των δύο μέτρων, δηλαδή του μέτρου της τυπικής απόκλισης και του εκατοστημορίου. Το εκατοστημόριο είναι διαισθητικά προτιμότερο, καθώς μας δίνει ακριβώς την πιθανότητα η τιμή του χαρτοφυλακίου να πέσει από την τιμή του εκατοστημορίου. Το μέτρο της τυπικής απόκλισης είναι αρκετά πιο γρήγορο και εύκολο υπολογιστικά, με αποτέλεσμα να είναι προτιμότερο για καθημερινές μετρήσεις και εκτιμήσεις του κινδύνου.

Τεχνικά Ζητήματα και Προβλήματα της μεθόδου CreditMetrics

Πιθανότητες μετάβασης της αξιολόγησης της πιστοληπτικής ικανότητας

Το πρώτο ζήτημα που προκύπτει από την παραπάνω ανάλυση του μοντέλου CreditMetrics, είναι στον τρόπο υπολογισμού του πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης της αξιολόγησης της πιστοληπτικής ικανότητας του οφειλέτη από τα ιστορικά δεδομένα που δημοσιεύουν για τα ομόλογα και τα δάνεια οι διεθνείς οίκοι αξιολόγησης (S&P, Moody's, KMV κ.α.). Συγκεκριμένα, η διαδικασία που χρησιμοποιείται υποθέτει ότι οι πιθανότητες μετάβασης ακολουθούν μία σταθερή διαδικασία Markov, το οποίο συνεπάγεται ότι η

³⁹ RiskMetrics Group Inc. (2007), "CreditMetrics: Technical Document", σελ. 16

πιθανότητα ένα ομόλογο ή ένα δάνειο να μεταβεί σε κάποια διαφορετική αξιολόγηση τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο είναι ανεξάρτητη από οποιαδήποτε αλλαγή στις προηγούμενες χρονικές περιόδους. Παρόλα αυτά, διεθνείς μελέτες υποδεικνύουν ότι οι πιθανότητες μετάβασης παρουσιάζουν αυτοσυσχέτιση στο χρόνο⁴⁰, δηλαδή ένα χρεόγραφο η αξιολόγηση του οποίου μειώθηκε στο παρελθόν συνήθως έχει μεγαλύτερη πιθανότητα να μειωθεί στο παρόν. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι ίσως χρειάζεται ένας άλλος τρόπος, όπως η εισαγωγή μίας δεύτερης ή μίας μεγαλύτερης διαδικασίας Markov, για να περιγράψει καλύτερα τη μετάβαση της αξιολόγησης στο χρόνο⁴¹.

Το δεύτερο ζήτημα που προκύπτει είναι ότι το μοντέλο δεν λαμβάνει υπόψη την κατηγορία στην οποία ανήκει ένας οφειλέτης, για παράδειγμα εάν είναι τράπεζα, βιομηχανία, κάποια κυβέρνηση κ.α, όπως επίσης δεν λαμβάνει υπόψη τις υφιστάμενες μακροοικονομικές συνθήκες. Για το λόγο αυτό, η Mckinsey παρουσίασε ένα διαφορετικό μοντέλο το CreditPortfolio View, που θα αναλυθεί παρακάτω, και αποσκοπεί στην εισαγωγή αυτών των παραγόντων στον πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης της αξιολόγησης.

Το τρίτο ζήτημα σχετίζεται με το χαρτοφυλάκιο ομολόγων που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης της αξιολόγησης. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε αξιοσημείωτη διαφορά στις πιθανότητες μετάβασης που υπολογίστηκαν από τα χαρτοφυλάκια νέων ομολόγων και τα χαρτοφυλάκια όλων των ομολόγων στην εξεταζόμενη περίοδο⁴². Αυτό οδηγεί σε αρκετά προβλήματα, καθώς έρχεται σε αντίθεση με την υπόθεση για την ομοιογένεια του πιστωτικού κινδύνου σε χρεόγραφα της ίδιας αξιολόγησης⁴³.

Ένα τελευταίο ζήτημα αφορά τη χρήση των πινάκων πιθανοτήτων μετάβασης ομολόγων για να τιμολογηθούν τα δάνεια. Τα διάφορα χαρακτηριστικά των δανείων, τα διαφοροποιούν αισθητά από τα ομόλογα σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, με αποτέλεσμα η χρήση των πινάκων πιθανοτήτων μετάβασης για ομόλογα να προσδίδει στη διαδικασία τιμολόγησης των δανείων μία έμφυτη μεροληψία (bias). Μερικές από τις λύσεις που έχουν προταθεί στο συγκεκριμένο ζήτημα είναι: (1) η δημιουργία του πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης βάσει των EDFs του μοντέλου KMV αντί για την αξιολόγηση των ομολόγων, (2) η χρήση ουδέτερων στον κίνδυνο πιθανοτήτων αντί για ιστορικά δεδομένα πιθανοτήτων μετάβασης, μέθοδος που ενσωματώθηκε στο μοντέλο CreditMetrics το 2001, (3) χρήση μοντέλων που χρησιμοποιούν την ανάλυση σεναρίων αντί για την τιμολόγηση βάσει πιθανοτήτων μετάβασης, όπως η Algorithmics

40 Nickell et al, 2001

41 Finger, 2000a

42 Altman και Kishore, 1997

43 Kealhofer, Kwok και Wend, 1998

Mark to Future™ VaR⁴⁴.

Τιμολόγηση

Στην τιμολόγηση των δανείων που αναφέρθηκαν παραπάνω, δεν αναφερθήκαμε στο ποσοστό του χρέους που χάνεται σε περίπτωση αδυναμίας αποπληρωμής (LGD). Στην πιο απλή περίπτωση, αυτό θεωρείται 100% και ο υπολογισμός των παραπάνω μέτρων παραμένει στην ίδια τάξη πολυπλοκότητας. Στην πραγματικότητα, όμως, κάτι τέτοιο δεν ισχύει. Επίσης, θεωρήσαμε ότι τα μελλοντικά επιτόκια r_t και τα ετήσια πιστωτικά περιθώρια σε δάνεια (μηδενικού μερίσματος) s_t είναι μη-στοχαστικά. Παρόλα αυτά, τα πιστωτικά περιθώρια και τα μελλοντικά επιτόκια είναι αρκετά πιθανό να μεταβάλλονται στο χρόνο. Η εισαγωγή αυτών των παραμέτρων στο μοντέλο εξαρτάται από τον οικονομικό οργανισμό που αξιολογεί τον κίνδυνο του εκάστοτε χαρτοφυλακίου. Η εισαγωγή περισσότερων παραμέτρων κάνει το μοντέλο πιο ακριβές ενώ παράλληλα αυξάνει της πολυπλοκότητας του. Επίσης, διάφοροι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η εισαγωγή αυτών των παραμέτρων πιθανά να αυξάνει τις κεφαλαιακές απαιτήσεις υπερβολικά, χωρίς ιδιαίτερο λόγο να γίνεται κάτι τέτοιο⁴⁵.

44 Saunders Allen, "Credit Risk Measurement New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms", σελ. 292

45 Kim, 2000

3.3 Η Μακροοικονομική προσέγγιση CreditPortfolio View – CPV

Στο μοντέλο CreditMetrics που εξετάσαμε προηγουμένως, υποθέσαμε ότι οι πιθανότητες μετάβασης της αξιολόγησης και οι πιθανότητες αδυναμίας αποπληρωμής παραμένουν σταθερές ανά τα είδη των οφειλετών και του επιχειρηματικού κύκλου. Ως επιχειρηματικός κύκλος (business cycle), ορίζεται η διακύμανση της οικονομικής δραστηριότητας που βιώνει μια οικονομία σε κάποια χρονική περίοδο. Ένας επιχειρηματικός κύκλος χαρακτηρίζεται από περιόδους ανάπτυξης (expansion) ή ύφεσης (recession). Κατά τη διάρκεια μίας περιόδου ανάπτυξης οι μακροοικονομικοί δείκτες, όπως η εργασιακή απασχόληση, η βιομηχανική παραγωγή, οι πωλήσεις και τα προσωπικά εισοδήματα, αυξάνονται. Κατά τη διάρκεια μίας περιόδου ύφεσης, η οικονομία συστέλλεται, όπως αποδεικνύεται από τις μειώσεις των παραπάνω δεικτών. Η ανάπτυξη μετριέται από το κατώτατο σημείο του προηγούμενου επιχειρηματικού κύκλου έως την κορυφή του τρέχοντος κύκλου, ενώ η ύφεση μετριέται από την αντίστοιχη κορυφή έως το κατώτατο σημείο⁴⁶.

Σύμφωνα με διάφορες μελέτες στα τέλη της δεκαετίας του 1990 και στις αρχές του 2001⁴⁷, η υπόθεση για σταθερότητα των πιθανοτήτων μετάβασης ανά τους επιχειρηματικούς κύκλους και είδη οφειλετών δημιουργεί μερικά προβλήματα. Τα προβλήματα αυτά πηγάζουν κυρίως από τα γεγονότα ότι:

- το μεγαλύτερο μέρος των χαρτοφυλακίων δανείων αποτελείται από δάνεια χαμηλής αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας (BBB ή B) και
- συνήθως ο ρυθμός εμφάνισης αδυναμίας αποπληρωμής σε χαμηλά αξιολογημένα δάνεια εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο επιχειρηματικός κύκλος (ανάπτυξη ή ύφεση)⁴⁸. Συγκεκριμένα, σε περιόδους ανάπτυξης παρατηρείται μία γενική αύξηση των πιθανοτήτων μετάβασης της αξιολόγησης σε υψηλότερη και μείωση στις πιθανότητες αδυναμίας αποπληρωμής, ενώ σε περιόδους ύφεσης το αντίθετο.

Το μοντέλο CreditPortfolio View αναπτύχθηκε από τη McKinsey & Company⁴⁹ με σκοπό να λύσει τα προβλήματα διαχείρισης πιστωτικού κινδύνου υπολογίζοντας την ακριβή κατανομή των ζημιών από συσχετισμένα πιστωτικά γεγονότα. Η ανάγκη για μία τέτοια προσέγγιση γίνεται φανερή από το γεγονός ότι οι αδυναμίες αποπληρωμής των οφειλετών και οι μεταβάσεις των αξιολογήσεων της πιστοληπτικής ικανότητας τους δεν μπορούν να προβλεφθούν και δεν είναι τέλεια συσχετισμένες, υποδεικνύοντας ότι οι

46 <https://www.investopedia.com/terms/b/businesscycle.asp>

47 Βλέπε σχετικά, Treacy και Carey (2000), Wilson (1997a,b), Nickel, Perraudin και Varotto (2001a)

48 Saunders Allen, "Credit Risk Measurement New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms", σελ. 107

49 Βασισμένο στις δύο μελέτες/papers του Wilson (1997a,b)

διαχειριστές των χαρτοφυλακίων θέσεων δεν αντιμετωπίζουν μία πιθανή ζημία, αλλά μία κατανομή πιθανών ζημιών⁵⁰.

Το μοντέλο αναγνωρίζει δύο στατιστικά μεγέθη ως πιο σημαντικά για την ανάλυση του πιστωτικού κινδύνου. Αυτά είναι η αναμενόμενη ζημία του χαρτοφυλακίου και ένα κρίσιμο σημείο στην κατανομή των ζημιών που ορίζεται ως το κεφάλαιο πιστωτικού κινδύνου του χαρτοφυλακίου.

Οι αναμενόμενες ζημίες αποτελούν συχνά το εργαλείο για την διαχείριση των αποθεματικών πολιτικών, δηλαδή όσο μεγαλύτερες είναι οι αναμενόμενες ζημίες τόσο μεγαλύτερο είναι το αποθεματικό κεφάλαιο που απαιτείται για την απορρόφησή τους.

Το κεφάλαιο πιστωτικού κινδύνου ορίζεται ως η μέγιστη ζημία σε ένα γνωστό διάστημα εμπιστοσύνης (για παράδειγμα 99%) σε μία περίοδο και μεταφράζεται ως το επιπλέον κεφάλαιο που απαιτείται για την απορρόφηση των ζημιών που ξεφεύγουν από τα πιστωτικά αποθέματα, δηλαδή των μη αναμενόμενων ζημιών. Καθώς είναι ανέφικτο να διατηρούνται κεφάλαια για όλες τις πιθανές ζημίες, δηλαδή κεφάλαια ίσα με το σύνολο της έκθεσης στον κίνδυνο, πρέπει να επιλεγεί το κατάλληλο διάστημα εμπιστοσύνης ώστε το κεφάλαιο που προκύπτει από αυτό να καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος των πιθανών ζημιών.

Για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω, το μοντέλο που αναπτύχθηκε επιχειρεί να προσεγγίσει τόσο τις αναμενόμενες όσο και τις μη αναμενόμενες ζημίες. Το μοντέλο διαφοροποιείται από τα υπόλοιπα μοντέλα του κλάδου της εποχής στα εξής σημεία⁵¹:

- Μοντελοποιεί την πραγματική διακριτή κατανομή των ζημιών αναλογικά με το μέγεθος του κεφαλαίου που απαιτείται για να υποστηρίξει το εξεταζόμενο χαρτοφυλάκιο σύμφωνα με τον αριθμό και το μέγεθος των θέσεων. Αυτή η προσέγγιση είναι αρκετά σημαντική για χαρτοφυλάκια που δεν είναι ισορροπημένα και είναι συγκεντρωμένα (δηλαδή υπάρχουν μεγάλες και μικρές θέσεις χωρίς να εξισορροπείται η έκθεση στον κίνδυνο και οι διάφορες θέσεις εμφανίζουν μεγάλο βαθμό συσχέτισης μεταξύ τους), η κατανομή των οποίων έχει πιο παχιές ουρές από την κανονική κατανομή.
- Οι ζημίες (ή τα κέρδη) μετριοούνται σε μία βάση έκπτωσης της αδυναμίας αποπληρωμής (δηλαδή εισάγοντας τη μελλοντική αδυναμία αποπληρωμής στην παρούσα αξία του χαρτοφυλακίου μειωμένη κατά το αντίστοιχο επιτόκιο) για τις θέσεις που δεν μπορούν ρευστοποιηθούν, καθώς και σε μία βάση mark-to-market για τις θέσεις που μπορούν να ρευστοποιηθούν πριν την

50 Wilson (1997a)

51 Wilson (1997a)

ωρίμανσή τους. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει στο μοντέλο να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει εκθέσεις στον κίνδυνο από ρευστοποιήσιμες δευτερεύουσες θέσεις στην αγορά, καθώς και από μη ρευστοποιήσιμες εμπορικές θέσεις.

- Η τρίτη διαφορά είναι ότι οι υπολογιζόμενες ζημίες εξαρτώνται από την κατάσταση της οικονομίας αντί να προέρχονται από μέσους όρους ιστορικών δεδομένων, που δεν αντιπροσωπεύουν τον πραγματικό κίνδυνο του χαρτοφυλακίου.

Συνοπτικά, το μοντέλο ενσωματώνει τη σχέση εξάρτησης που παρουσιάζουν οι πιθανότητες αδυναμίας αποπληρωμής και οι πιθανότητες μετάβασης αξιολόγησης με τον επιχειρηματικό κύκλο, στην ανάλυση του πιστωτικού κινδύνου ενός χαρτοφυλακίου δανείων/ομολόγων⁵². Η προσέγγιση αυτή του προβλήματος, ονομάζεται μακρο-προσομοίωση (macro simulation) και λειτουργεί συμπληρωματικά στο μοντέλο CreditMetrics, διότι αλλάζει κυρίως ο τρόπος υπολογισμού των πιθανοτήτων μετάβασης αξιολόγησης και αδυναμίας αποπληρωμής και όχι η υπόλοιπη μεθοδολογία.

Για την ανάλυση των παραγόντων που αφορούν στους επιχειρηματικούς κύκλους και τις επιδράσεις αυτών στις πιθανότητες που εξετάζουμε, υπάρχουν τουλάχιστον δύο μέθοδοι:

- Η διάσπαση της περιόδου, που αποτελεί το δείγμα μας, σε χρόνια ύφεσης και χρόνια μη-ύφεσης και εν συνεχεία ο υπολογισμός δύο ξεχωριστών πινάκων πιθανοτήτων μετάβασης που παράγουν δύο διαφορετικά μέτρα VaR. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται στο προϊόν του CreditPortfolio View που ονομάζεται CPV-Direct και στις περίπλοκες εκδοχές του μοντέλου CreditMetrics που αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο.
- Η άμεση μοντελοποίηση της σχέσης μεταξύ των πιθανοτήτων μετάβασης της αξιολόγησης και των μακροοικονομικών παραγόντων και εν συνεχεία η προσομοίωση της εξέλιξης των πιθανοτήτων μετάβασης στο χρόνο με την προσθήκη μακροοικονομικών “αναταραχών” (shocks) στο μοντέλο. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται από το προϊόν του CreditPortfolio View που ονομάζεται CPV-Macro.

Όπως αναλύσαμε παραπάνω, το μοντέλο CPV ασχολείται με την μεταβλητότητα των πιθανοτήτων μετάβασης. Για να το πετύχει, διαχωρίζει τους πίνακες πιθανοτήτων μετάβασης σε δύο κατηγορίες. Αποκαλεί έναν πίνακα “εξαρτημένο” (**conditional**), εάν αυτός προέρχεται από ιστορικά δεδομένα μεταβάσεων αξιολόγησης μίας συγκεκριμένης χρονιάς με αποτέλεσμα να εξαρτάται από τον επιχειρηματικό κύκλο και “ανεξάρτητο” (**unconditional**), εάν αυτός αποτελεί το μέσο όρο “εξαρτημένων”

52 Christian Bluhm, Ludger Overbeck, Christoph Wagner, “Introduction to Credit Risk Modelling”, σελ. 71

πινάκων πιθανοτήτων μετάβασης.

Έστω ένας “ανεξάρτητος” πίνακας πιθανοτήτων μετάβασης αξιολόγησης. Αυτός θα συμβολίζεται $\bar{M}=(\bar{m}_{i,j})$ με τα i και j συνήθως να βρίσκονται μεταξύ 1 και 8, διότι αναφέρονται στις κλάσεις αξιολόγησης, οι οποίες συνήθως είναι 8 συμπεριλαμβανομένης της αδυναμίας αποπληρωμής (AAA, AA, A, BBB, BB, B, CCC, D). Συμβολίζουμε με R_i τις κλάσεις αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας, με R_1 να είναι η υψηλότερη κλάση και R_8 να είναι η αδυναμία αποπληρωμής, έτσι ώστε ο όρος $\bar{m}_{i,8}=P(R_i \rightarrow R_8)$ να συμβολίζει την πιθανότητα ένας οφειλέτης με αξιολόγηση πιστοληπτικής ικανότητας R_i στην αρχή του χρόνου, να προβεί σε αδυναμία αποπληρωμής στο τέλος του χρόνου. Επειδή η κατάσταση αδυναμίας αποπληρωμής είναι “απορροφητική”, δηλαδή σε περίπτωση που ένας οφειλέτης βρεθεί σε αυτή δεν μπορεί να αυξηθεί με κανένα τρόπο η αξιολόγηση της πιστοληπτικής του ικανότητας, ορίζουμε $\bar{m}_{8,j}=0$ για κάθε $j=1, \dots, 7$ και $\bar{m}_{8,8}=1$.

Το μοντέλο CPV υποθέτει, ακόμη, ότι υπάρχουν διάφορα “τμήματα κινδύνου” (risk segments), τα οποία αντιδρούν διαφορετικά στη συνολική οικονομική κατάσταση. Ένα παράδειγμα τέτοιων τμημάτων κινδύνου, είναι οι διαφορετικοί επιχειρηματικοί κλάδοι. Έστω ότι τα τμήματα κινδύνου που εξετάζουμε έχουν πλήθος m_s . Το μοντέλο προσομοιώνει έναν “εξαρτημένο” πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης για κάθε ένα τμήμα κινδύνου, βασιζόμενο στο “ανεξάρτητο” πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης \bar{M} και τον αποκαλούμενο αλγόριθμο μετατόπισης (shift algorithm). Ο αλγόριθμος μετατόπισης δουλεύει ως εξής:

Προσομοιώνεται μία πιθανότητα αδυναμίας αποπληρωμής p_s για κάθε τμήμα κινδύνου $s = 1, \dots, m_s$, βάσει μακροοικονομικών παραμέτρων. Οι πιθανότητες αυτές προσομοιώνονται με διαφορετικό τρόπο για τα προϊόντα CPV-Macro και CPV-Direct, και θα αναλυθούν παρακάτω.

Υπολογίζεται ο αποκαλούμενος “δείκτης κινδύνου” (risk index) r_s , ο οποίος αντικατοπτρίζει την κατάσταση της οικονομίας στο τμήμα κινδύνου s , από τη σχέση

$$r_s = \frac{p_s}{\bar{p}_s} \quad 2.5$$

όπου \bar{p}_s η “ανεξάρτητη” πιθανότητα αδυναμίας αποπληρωμής του τμήματος κινδύνου s .

Κατασκευάζεται ένας “εξαρτημένος” πίνακας πιθανοτήτων μετάβασης $M^{(s)}=(m_{i,j}^{(s)})$ για κάθε τμήμα κινδύνου s , δεδομένων των μακροοικονομικών παραμέτρων που παράγουν τις πιθανότητες (p_1, p_2, \dots, p_s),

όπου

$$m_{i,j}^{(s)} = a_{i,j}(r_s - 1) + \bar{m}_{i,j} \quad (s=1, \dots, m_s). \quad 2.6$$

Οι συντελεστές a_{ij} ονομάζονται συντελεστές μετατόπισης και παρέχονται από το χρήστη, αλλά δίνεται και η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν έτοιμες τιμές που παρέχονται από το μοντέλο. Η χρήση τους αποσκοπεί κυρίως στην επεξήγηση της συμπεριφοράς μία κλάσης αξιολόγησης, παρά στην αντίδραση του κάθε τμήματος κινδύνου στις εξεταζόμενες μακροοικονομικές συνθήκες.

Το μοντέλο απαιτεί ο “εξαρτημένος” πίνακας που κατασκευάστηκε να είναι στοχαστικός και άρα το άθροισμα των στοιχείων κάθε σειράς του πρέπει να ισούται με 1, δηλαδή

$$\sum_{j=1}^8 m_{i,j}^{(s)} = (r_s - 1) \sum_{j=1}^8 a_{i,j} + \sum_{j=1}^8 \bar{m}_{i,j} = 1 \quad 2.7$$

Χρησιμοποιώντας το γεγονός ότι ο “ανεξάρτητος” πίνακας \bar{M} είναι επίσης στοχαστικός, εξ ορισμού έχουμε τη σχέση

$$\sum_{j=1}^8 \bar{m}_{i,j} = 1 \quad 2.8$$

Από τις σχέσεις (2.7) και (2.8) συνεπάγεται ότι το μοντέλο απαιτεί να ισχύει η σχέση $\sum_{j=1}^8 a_{i,j} = 0$. Σε περίπτωση που κάποιο πιστωτικό γεγονός προκαλέσει τον υπολογισμό μίας πιθανότητας μετάβασης από τη σχέση (2.6) ως αρνητική, το μοντέλο τη διορθώνει εξισώνοντάς της με 0 και διορθώνοντας ανάλογα τα υπόλοιπα στοιχεία που ανήκουν στην ίδια σειρά του πίνακα για να εξακολουθούν να αθροίζουν στο 1.

Οι συντελεστές μετατόπισης δημιουργούν έναν πίνακα μετατόπισης $(a_{i,j})$. Για τεχνικούς λόγους, το μοντέλο υποθέτει ότι για τα στοιχεία του πίνακα μετατόπισης ισχύουν οι επιπλέον περιορισμοί

$$a_{i,j} \geq 0 \text{ για } i < j \text{ και } a_{i,j} \leq 0 \text{ για } i > j \quad 2.9$$

Ο “εξαρτημένος” πίνακας $M^{(s)}$ αναφέρεται σε όλους τους οφειλέτες που ανήκουν στο τμήμα κινδύνου s . Συνδυάζοντας τις σχέσεις (2.5) και (2.6), μπορούμε να έρθουμε σε κάποια συμπεράσματα για την τιμή του δείκτη κινδύνου r_s :

- $r_s < 1$: η προσομοιωμένη πιθανότητα αδυναμίας αποπληρωμής είναι μικρότερη από τη μέση τιμή που προκύπτει από τα ιστορικά δεδομένα, γεγονός το οποίο υποδηλώνει ότι η οικονομία

βρίσκεται σε ανάπτυξη και το μοντέλο χαρακτηρίζει ως λιγότερο πιθανές τις μειώσεις αξιολόγησης και περισσότερο πιθανές τις αυξήσεις.

- $r_s = 1$: η προσομοιωμένη πιθανότητα αδυναμίας αποπληρωμής είναι ίση με τη μέση τιμή που προκύπτει από τα ιστορικά δεδομένα, γεγονός το οποίο υποδηλώνει ότι η οικονομία βρίσκεται σε ένα φυσιολογικό μακροοικονομικό σενάριο. Σε αυτή την περίπτωση το μοντέλο μηδενίζει την επιρροή των συντελεστών μετατόπισης $\alpha_{i,j}$ στον υπολογισμό των πιθανοτήτων μετάβασης και διατηρεί τη μέση τιμή των ιστορικών δεδομένων.
- $r_s > 1$: η προσομοιωμένη πιθανότητα αδυναμίας αποπληρωμής είναι μεγαλύτερη από τη μέση τιμή που προκύπτει από τα ιστορικά δεδομένα, γεγονός που υποδηλώνει ότι η οικονομία βρίσκεται σε ύφεση και το μοντέλο χαρακτηρίζει ως πιο πιθανές τις μειώσεις αξιολόγησης και ως λιγότερο πιθανές τις αυξήσεις.

Βάσει των παραπάνω αποτελεσμάτων, το μοντέλο κατασκευάζει μία “εξαρτημένη” κατανομή ζημιών για το εξεταζόμενο χαρτοφυλάκιο σε κάθε χρονική περίοδο και αφού τις κατασκευάσει όλες, τις συγκεντρώνει σε μία “απόλυτη” κατανομή ζημιών χαρτοφυλακίου.

Στη συνέχεια, θα αναλύσουμε ξεχωριστά τα δύο προϊόντα του μοντέλου, τα οποία διαφοροποιούνται κυρίως στον τρόπο με τον οποίο παράγουν τις “εξαρτημένες” πιθανότητες αδυναμίας αποπληρωμής p_s .

3.3.1 CPV – Macro

Αυτό το προϊόν του μοντέλου υποθέτει ότι οι κατανομές των πιθανοτήτων αδυναμίας αποπληρωμής και των πιθανοτήτων μετάβασης εξαρτώνται άμεσα από μακροοικονομικούς παράγοντες. Τέτοιοι παράγοντες συνήθως είναι το ποσοστό ανεργίας, ο ρυθμός ανάπτυξης του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος, τα επιτόκια κ.α.

Αυτοί οι παράγοντες συνοψίζονται σε ένα μακροοικονομικό δείκτη $Y_{s,t}$ όπου το s αναφέρεται στο τμήμα κινδύνου και το t στο χρόνο που μας αφορά. Ο δείκτης αυτός αποτελεί άθροισμα μακροοικονομικών μεταβλητών $X_{s,k,t}$. Στο άθροισμα αυτό, η κάθε μακροοικονομική μεταβλητή επηρεάζει σε διαφορετικό βαθμό τον δείκτη, γεγονός το οποίο εκφράζεται με την προσθήκη “βαρών” $w_{s,k}$ στο άθροισμα αυτό. Η παραπάνω ανάλυση περιγράφεται μέσω ενός μοντέλου παλινδρόμησης⁵³

53 Saunders Allen, “Credit Risk Measurement New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms”, σελ. 116

$$Y_{s,t} = w_{s,0} + \sum_{k=1}^K w_{s,k} X_{s,k,t} + \varepsilon_{s,t} \quad 2.10$$

Όπου, $X_{s,k,t}$ είναι οι μακροοικονομικές μεταβλητές τον χρόνο t , σχετικά με το τμήμα κινδύνου s , πλήθους K ,

$w_{s,k}$ είναι οι συντελεστές του μοντέλου ή βάρη και υπολογίζονται ξεχωριστά για κάθε τμήμα κινδύνου s και

$\varepsilon_{s,t}$ είναι τα υπόλοιπα της τυχαίας μεταβλητότητας του $Y_{s,t}$ που δεν εξηγείται από τη μεταβολή του $X_{s,k,t}$.

Σε τέτοια μοντέλα παλινδρόμησης, τα υπόλοιπα $\varepsilon_{s,t}$ θεωρούνται ανεξάρτητα, ισόνομα, ότι ακολουθούν κανονική κατανομή και είναι ανεξάρτητα από τις μεταβλητές $X_{s,k,t}$.

Οι τυχαίες μεταβλητές $X_{s,k,t}$ μπορεί να θεωρηθεί ότι προκύπτουν άμεσα - ντετερμινιστικά από τις παρελθοντικές τους τιμές, ενώ παράλληλα είναι ευαίσθητες σε “αναταραχές” (shocks), δηλαδή τα μη αναμενόμενα και απρόβλεπτα γεγονότα που επηρεάζουν την οικονομία. Λόγω των χαρακτηριστικών τους αυτών, οι συγκεκριμένες τυχαίες μεταβλητές παραμετροποιούνται από ένα αυτοπαλινδρομικό μοντέλο κινούμενου μέσου (ARMA - AutoRegressive Moving Average) με χρονική υστέρηση t_0 η οποία πρέπει να καθορίζεται σε κάθε μοντέλο. Στην αρχική μελέτη ο Wilson χρησιμοποιεί ένα αυτοπαλινδρομικό μοντέλο κινούμενου μέσου με χρονική υστέρηση (lag), $t_0=2$. Συγκεκριμένα, οι τυχαίες αυτές μεταβλητές περιγράφονται από τη σχέση

$$X_{s,k,t} = \theta_{k,0} + \sum_{j=1}^{t_0} \theta_{k,j} X_{s,k,t-j} + \gamma_{s,k,t} \quad 2.11$$

Όπου $\theta_{k,j}$ οι συντελεστές του μοντέλου και $\gamma_{s,k,t}$ ο όρος του κινούμενου μέσου της μεθόδου σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα. Στη μοντελοποίησή μας οι όροι $\gamma_{s,k,t}$ εκφράζουν τις “αναταραχές” και οι σταθερές παράμετροι $\theta_{k,j}$ υπολογίζονται από ιστορικά στοιχεία, δηλαδή από στοιχεία για τα οποία $t < 0$.

Η “εξαρτημένη” πιθανότητα αδυναμίας αποπληρωμής για τους οφειλέτες ενός τμήματος κινδύνου s υπολογίζεται για μία τιμή $y_{s,t}$ του μακροοικονομικού δείκτη $Y_{s,t}$ από τη λογιστική συνάρτηση

$$p_{s,t} = \frac{1}{1 + e^{y_{s,t}}} \quad 2.12$$

Η συνάρτηση logit είναι η αντίστροφη συνάρτηση της (σιγμοειδούς) λογιστικής συνάρτησης. Έχει πεδίο ορισμού το $[0,1]$, σύνολο τιμών το \mathbb{R} και δίνεται από τη σχέση :

$$\text{logit}(p) = \log\left(\frac{p}{1-p}\right) \quad 2.13$$

ενώ η λογιστική (σιγμοειδής) δίνεται από τη σχέση:

$$\text{logit}^{-1}(x) = \sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad 2.14$$

Με πεδίο ορισμού όλους του πραγματικούς αριθμούς και σύνολο τιμών το $[0,1]$.

Οι λόγοι που επιλέχθηκε η λογιστική συνάρτηση για το συγκεκριμένο μοντέλο είναι δύο:

- Προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα (βάσει του μέτρου R^2) και
- για κάθε τιμή του δείκτη y , η πιθανότητα που υπολογίζεται είναι πάντα μεταξύ $[0,1]$.

Μετά τον υπολογισμό των πιθανοτήτων $p_{s,t}$ το μοντέλο υπολογίζει τον πίνακα μετατόπισης βάσει της παραπάνω μεθοδολογία και κατασκευάζει την “εξαρτημένη” κατανομή ζημιών.

3.3.2 CPV – Direct

Σε αντίθεση με το μοντέλο CPV-Macro όπου η κατανομή των πιθανοτήτων αδυναμίας αποπληρωμής παράγεται από τις προσομοιωμένες τιμές των μακροοικονομικών μεταβλητών, το μοντέλο CPV-Direct καθορίζει απευθείας την κατανομή της αδυναμίας αποπληρωμής. Το μοντέλο δεν είναι συγκεκριμένο, αλλά προσαρμόζεται στις ανάγκες κάθε πελάτη και για το λόγο αυτό δεν θα αναπτυχούμε αναλυτικά, παρά μόνο θα περιγράψουμε τη δομή του και κάποια χαρακτηριστικά του.

Το μοντέλο χρησιμοποιεί ιστορικές τιμές για τις πιθανότητες αδυναμίας αποπληρωμής για να καθορίσει τη μορφή της κατανομής (πολυμεταβλητή κατανομή Γάμμα), καθώς και τις συσχετίσεις των πιθανοτήτων αδυναμίας αποπληρωμής ανά τα τμήματα κινδύνου. Η μεθοδολογία είναι ίδια με αυτή που περιγράψαμε παραπάνω, με τη μόνη διαφορά ότι οι συντελεστές μετατόπισης εξαρτώνται άμεσα από την κατανομή των πιθανοτήτων αδυναμίας αποπληρωμής που υποθέσαμε από τα ιστορικά στοιχεία.

Ένα σημαντικό μειονέκτημα του μοντέλου αυτού, όμως, είναι ότι για να εκτιμηθούν οι κατανομές των πιθανοτήτων αδυναμίας αποπληρωμής άμεσα από ιστορικά στοιχεία, απαιτείται μεγάλος όγκος δεδομένων, ο οποίος δεν υπάρχει γιατί δεν γινόντουσαν συστηματικές καταγραφές αυτών των στοιχείων πριν τα τέλη της δεκαετίας του 1990 σε χώρες πλην της Αμερικής. Μία λύση σε αυτό το πρόβλημα

παρουσίασαν οι Hu et al. (2001)⁵⁴, οι οποίοι υποστηρίζουν ότι με τη χρήση ενός μοντέλου ordered probit δημιούργησαν προσαρμοσμένα ιστορικά στοιχεία για αξιολογήσεις και χρησιμοποιώντας τα στοιχεία αυτά προσέγγισαν του πίνακες πιθανοτήτων μετάβασης παρά την αρχική έλλειψη στοιχείων.

Ordered Probit

Η μέθοδος που ανέπτυξαν οι Hu et al (2001)⁵⁵ αναφέρεται στον υπολογισμό πινάκων πιθανοτήτων μετάβασης για την κλάση οφειλετών που αποτελείται από τους κρατικούς εκδότες (sovereign issuer). Οι αντίστοιχοι “κρατικοί” πίνακες πιθανοτήτων μετάβασης χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά για τον υπολογισμό των κατανομών ζημιών χαρτοφυλακίων και εν γένει σε μοντέλα υπολογισμού πιστωτικού κινδύνου, με αποτέλεσμα να αποτελούν ένα απαραίτητο εργαλείο για τη διαχείριση του πιστωτικού κινδύνου. Κύριος σκοπός της μεθόδου είναι ο συνδυασμός του σχετικά μικρού δείγματος ιστορικών στοιχείων για πίνακες πιθανοτήτων μετάβασης κρατικών εκδοτών και των πληροφοριών για αδυναμίες αποπληρωμής κρατικών εκδοτών ενός ευρύτερου συνόλου χωρών, σε ένα μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, για τη δημιουργία των στοιχείων που λείπουν.

Για να το πετύχουν αυτό, μοντελοποιούν τις αδυναμίες αποπληρωμής κρατικών εκδοτών και τις κρατικές αξιολογήσεις της S&P σε ένα πλαίσιο Εκτίμησης Μέγιστης Πιθανοφάνειας, ordered probit. Τα μοντέλα ordered probit αποτελούν μία γενίκευση των μοντέλων probit. Ένα μοντέλο probit είναι ένα είδος παλινδρόμησης, στο οποίο η εξαρτημένη μεταβλητή μπορεί να πάρει μόνο δύο τιμές και σκοπός του είναι να εκτιμήσει την πιθανότητα μία παρατήρηση με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά να καταλήξει σε μία από τις δύο κατηγορίες. Τα ordered probit ακολουθούν την ίδια μεθοδολογία με τη διαφορά ότι η εξαρτημένη μεταβλητή μπορεί να πάρει περισσότερες από δύο τιμές, οι οποίες μάλιστα είναι διατεταγμένες (Ordered).

Το μοντέλο των Hu et al. Βασίζεται και αυτό στην υπόθεση ότι η πιστοληπτική ικανότητα εξαρτάται από έναν δείκτη σχετικών μακροοικονομικών μεταβλητών, όπως ο πληθωρισμός, και ένα κανονικά κατανομημένο σφάλμα που εκφράζει τις αναταραχές. Αυτή η υπόθεση μεταφράζεται σε μία λανθάνουσα (latent) μεταβλητή R , ως εξής:

$$R = \beta' X + \varepsilon \quad 2.15$$

όπου το X είναι ένα διάνυσμα προκαθορισμένων μακροοικονομικών μεταβλητών, β ένα διάνυσμα συντελεστών και ε το σφάλμα, το οποίο υποθέτουμε ότι ακολουθεί τυποποιημένη κανονική κατανομή.

54 Saunders Allen, “Credit Risk Measurement New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms”, σελ. 114

55 Hu, Kiesel, Perraudin, “The Estimation of Transition Matrices for Sovereign Credit Ratings”, 2001

Λανθάνουσα μεταβλητή ονομάζεται μία μεταβλητή, η οποία δεν είναι παρατηρήσιμη, αλλά κατασκευάζεται από έναν μαθηματικό τύπο.

Για την κατασκευή του μοντέλου, υποθέτουμε ότι υπάρχουν $J+1$ διατεταγμένες κατηγορίες αξιολόγησης (με 0 να είναι η αδυναμία αποπληρωμής και $J+1$ η μεγαλύτερη αξιολόγηση) και ότι η αρχική αξιολόγηση ενός συγκεκριμένου οφειλέτη είναι i . Η τελική αξιολόγηση στο τέλος μίας περιόδου, j , εξαρτάται από την λανθάνουσα μεταβλητή R ως εξής:

$$\begin{aligned}
 j=0 & \text{ αν } R \leq 0 \\
 j=1 & \text{ αν } 0 < R \leq Z_1 \\
 & \cdot \\
 & \cdot \\
 & \cdot \\
 j=J+1 & \text{ αν } Z_J \leq R \quad j=J+1 \text{ αν } Z_J \leq R
 \end{aligned}
 \tag{2.16}$$

όπου τα Z_{j-1} είναι τα όρια της εκάστοτε κατηγορίας j .

Για τον υπολογισμό των παραπάνω απαιτείται πρώτα ο υπολογισμός του διανύσματος των ορίων των κατηγοριών αξιολόγησης Z και του διανύσματος των συντελεστών β . Οι πιθανότητες να βρισκεται ο οφειλέτης σε κάθε κατηγορία υπολογίζονται από τις σχέσεις:

$$\begin{aligned}
 P(j=0) &= \Phi(-\beta \cdot X) \\
 P(j=1) &= \Phi(Z_1 - \beta \cdot X) \\
 & \cdot \\
 & \cdot \\
 & \cdot \\
 P(j=J+1) &= 1 - \Phi(Z_J - \beta \cdot X)
 \end{aligned}
 \tag{2.17}$$

όπου τα Z_j είναι σε αύξουσα σειρά βάσει του ορισμού τους, δηλαδή $0 < Z_1 < \dots < Z_J$ και Φ η συνάρτηση κατανομής πιθανότητας της τυποποιημένης κανονικής κατανομής. Με τις παραπάνω σχέσεις και δεδομένα, μπορεί να υπολογιστεί το μοντέλο με τη χρήση τεχνικών εκτίμησης μέγιστης πιθανοφάνειας.

Για τους κρατικούς εκδότες για τους οποίους δεν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα της αξιολόγησής τους για κάποιες χρονιές, υπάρχουν δεδομένα για το εάν εμφάνισαν αδυναμία αποπληρωμής ή όχι. Σε αυτές τις περιπτώσεις, χρησιμοποιούμε την εξαρτημένη πιθανότητα ότι η αδυναμία αποπληρωμής θα εμφανισθεί ή όχι, ως εξής:

$$P(j=0)=\Phi(-\beta'X)$$

2.18

$$P(j>0)=1-\Phi(-\beta'X)$$

Αφού υπολογιστούν οι παράμετροι του μοντέλου, Z και β , μπορούν να προβλεφθούν οι αξιολογήσεις κάθε κρατικού φορέα και για κάθε χρονιά στο δείγμα μας, αρχικά υπολογίζοντας τα αντίστοιχα $\beta'X_{kt}$ (όπου το k αναφέρεται στον οφειλέτη και το t στη χρονική περίοδο) και παρατηρώντας σε ποιο εύρος τιμών $[Z_{j-1}, Z_j]$ βρίσκονται/πέφτουν. Με αυτόν τον τρόπο κατασκευάζονται ιστορικά στοιχεία για τις αξιολογήσεις όλων των κρατικών φορέων για όλες τις χρονικές περιόδους, τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των απαιτούμενων πινάκων πιθανοτήτων μετάβασης.

3.4 Ασφαλιστική Προσέγγιση

Μία από τις τελευταίες εξελίξεις σχετικές με την εκτίμηση του πιστωτικού κινδύνου (κινδύνου δανεισμού) είναι η προσέγγιση του προβλήματος με τη χρήση των εργαλείων που χρησιμοποιούνται στον ασφαλιστικό τομέα. Παρακάτω θα αναλυθούν δύο μοντέλα που χρησιμοποιούν αυτά τα εργαλεία. Το πρώτο προκύπτει από την εισαγωγή πινάκων θνησιμότητας (mortality tables) για τα ομόλογα, χρησιμοποιώντας μοντέλα παρεμφερή με εκείνα που οι ασφαλιστικές εταιρείες χρησιμοποιούν για τον υπολογισμό των ασφαλιστρών σε συμβόλαια ασφάλειας ζωής. Το δεύτερο αναπτύχθηκε από την Credit Suisse Financial Products (CSFP) και είναι παρεμφερές με αυτό που ένας ασφαλιστής περιουσιακών στοιχείων χρησιμοποιεί όταν θέλει να εκτιμήσει τον κίνδυνο που ενέχει η διαδικασία καθορισμού των ασφαλιστρών για συμβόλαια ασφάλειας πυρός σε ακίνητη περιουσία. Τα μοντέλα αυτά, είναι η “Ανάλυση Θνησιμότητας” και το “CSFP Credit Risk Plus” αντίστοιχα.

3.4.1 Ανάλυση Θνησιμότητας

Το μοντέλο παράγει έναν πίνακα εκτιμημένων πιθανοτήτων μετάβασης βάσει των προβλέψεων της οικονομικής κατάστασης, τον οποίο χρησιμοποιεί σε συνδυασμό με το εκάστοτε LGD ενός δανείου/ομολόγου για να εκτιμήσει τις αναμενόμενες ζημιές. Στην διαδικασία υπολογισμού του εν λόγω πίνακα υπολογίζει δύο μέτρα, τους οριακούς ρυθμούς θνησιμότητας (marginal mortality rates -MMRs) και τους σωρευτικούς ρυθμούς θνησιμότητας (cumulative mortality rates -CMRs).

Οι οριακοί ρυθμοί θνησιμότητας (MMRs) εξαρτώνται από την εξεταζόμενη κατηγορία αξιολόγησης ομολόγων και από τον εκάστοτε χρονικό ορίζοντα, εξαρτώνται δηλαδή από το χρόνο και γράφονται στη μορφή MMR_t . Ερμηνεύονται ως το ποσοστό του χρέους κατά το οποίο μειώνεται το συνολικό χρέος από την αρχή του έτους t μέχρι το τέλος του. Για τον υπολογισμό τους διαιρούμε τη συνολική αξία TVD_t των δανείων/ομολόγων που ανήκουν στην κατηγορία αξιολόγησης που εξετάζουμε και παρουσίασαν αδυναμία αποπληρωμής κατά τον χρόνο t μετά την έκδοσή τους, προς τη συνολική αξία TV_t των ομολόγων που ανήκουν στην ίδια κατηγορία αξιολόγησης και ήταν κυκλοφορούντα (outstanding bonds) στην αρχή του χρόνου. Δηλαδή,

$$MMR_t = \frac{TVD_t}{TV_t} \quad 3.1$$

με $t = 1, \dots, T$, όπου T ο χρόνος ωρίμανσης/εκπλήρωσης του δανείου/ομολόγου. Αφού υπολογιστούν όλα τα MMR_t , το μοντέλο υπολογίζει το σταθμισμένο μέσο όρο τους για όλες τις χρονικές περιόδους για τις οποίες έχουμε ιστορικά δεδομένα, χρησιμοποιώντας βάρη w_t , τα οποία πρέπει να αντιπροσωπεύουν το

βαθμό σημαντικότητας των δεδομένων για το μοντέλο, το έτος i . Αυτό μεταφράζεται στην παρακάτω σχέση⁵⁶,

$$MMR_t = \sum_{i=k}^K MMR_{(t,i)} w_i \quad 3.2$$

με $t = 1, \dots, T$, όπου T ο χρόνος ωρίμανσης/εκπλήρωσης του δανείου/ομολόγου και $i = k, \dots, K$, οι χρονιές για τις οποίες έχουμε ιστορικά δεδομένα που κάνουν εφικτό τον υπολογισμό των αντίστοιχων ποσοτήτων.

Οι σωρευτικοί ρυθμοί θνησιμότητας (CMRs) αντιπροσωπεύουν την πιθανότητα ένα δάνειο/ομόλογο να παρουσιάσει αδυναμία αποπληρωμής οποιαδήποτε στιγμή σε ένα χρονικό διάστημα μεγαλύτερο από ένα έτος. Για τον υπολογισμό τους χρησιμοποιούμε την έννοια του “ρυθμού επιβίωσης” (survival rate – SR), ο οποίος υπολογίζεται από τα MMRs μέσω της σχέσης,

$$SR_i = 1 - MMR_i \quad 3.3$$

Έχοντας ορίσει τα SR_i , υπολογίζουμε τους συσσωρευτικούς ρυθμούς θνησιμότητας (CMRs) από τη σχέση,

$$CMR_T = 1 - \prod_{i=1}^T SR_i \quad 3.4$$

όπου T ο αριθμός των ετών για τα οποία υπολογίζουμε το σωρευτικό ρυθμό θνησιμότητας.

Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω τιμές κατασκευάζεται ο πίνακας θνησιμότητας (mortality table), ο οποίος περιέχει τις εκτιμήσεις των πιθανοτήτων μείωσης του χρέους κάθε χρόνο ξεχωριστά (MMR_t) και οποιαδήποτε χρονική στιγμή μέσα στο εξεταζόμενο χρονικό διάστημα (CMR_T), βάσει ενός δείγματος ιστορικών στοιχείων για δάνεια/ομόλογα της αντίστοιχης κατηγορίας. Ένα παράδειγμα τέτοιου πίνακα είναι το σχήμα 3.1 που ακολουθεί.

Στον πίνακα του σχήματος 3.1 παρατηρούμε ότι οι οριακοί ρυθμοί θνησιμότητας δεν είναι μονότονοι στο χρόνο, κάτι το οποίο προκαλείται από την τυπική απόκλιση που περιέχεται στα MMR_t και δεν φαίνεται κάπου στο σχήμα. Αν θεωρήσουμε τις ζημιές λόγω αδυναμίας αποπληρωμής ενός δανείου ως μία τυχαία μεταβλητή X , τότε αυτή η μεταβλητή ακολουθεί Διωνυμική Κατανομή $B(n,p)$ με πλήθος παρατηρήσεων n και πιθανότητα αδυναμίας αποπληρωμής (ή επιτυχίας σύμφωνα με τον ορισμό της Διωνυμικής Κατανομής) p ⁵⁷.

56 Saunders Allen, “Credit Risk Measurement New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms”, σελ. 122

57 <http://www.stat.yale.edu/Courses/1997-98/101/binom.htm>

$$E(X) = np$$

3.5

$$var(x) = np(1-p)$$

Θεωρώντας αυτή την τυχαία μεταβλητή X , μπορούμε να ορίσουμε ως $\underline{X} = \frac{X}{n}$ την αναλογία των αδυναμιών αποπληρωμής (επιτυχιών) σε n δοκιμές⁵⁸, όπου στην περίπτωση μας ισούται με το MMR . Δεδομένης της γραμμικότητας της μέσης τιμής,

$$\mu = E(MMR) = E(\underline{X}) = E\left(\frac{X}{n}\right) = \frac{1}{n}E(X) = p$$

3.6

και δεδομένων των ιδιοτήτων της διασποράς,

$$\sigma^2 = var(MMR) = var(\underline{X}) = var\left(\frac{X}{n}\right) = \frac{1}{n^2}var(X) = \frac{1}{n^2}np(1-p) = \frac{p(1-p)}{n}$$

3.7

Από τη σχέση 3.7 μπορούμε να υπολογίσουμε την τυπική απόκλιση που περιέχεται στα MMR_i , σ και ισούται με

$$\sigma = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

3.8

Στην περίπτωση μας η δυνατότητα επιτυχίας p ισούται με την πιθανότητα αδυναμίας αποπληρωμής MMR_i και άρα η σχέση 3.8 μετατρέπεται στη σχέση

$$\sigma = \sqrt{\frac{MMR_i(1-MMR_i)}{n}}$$

3.8'

Η σχέση 3.8' υποδεικνύει ότι όσο μεγαλύτερο είναι το δείγμα μας n , τόσο μικρότερη είναι η τυπική απόκλιση σ μίας εκτίμησης των ρυθμών θνησιμότητας.

Σε ένα υποθετικό αλλά ταυτόχρονα ρεαλιστικό σενάριο, θεωρούμε ότι το $MMR_i = 0.01$ και εφαρμόζοντας "ακραίες αρχές ασφάλισης" (extreme actuarial principles), απαιτούμε η τυπική απόκλιση σ να ισούται με το ένα δέκατο του μεγέθους της εκτίμησης του ρυθμού θνησιμότητας (δηλαδή $\sigma = 0.001$). Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα αυτά στη σχέση 3.8' παίρνουμε

$$n = \frac{(0.01)(0.99)}{(0.001)^2} = 9,900$$

3.8''

⁵⁸ <https://www.math.ku.edu/~mandal/topic106/binomial.html>

Αυτό υποδηλώνει ότι θα χρειαστούμε 9,900 παρατηρήσεις για δάνεια σε κάθε κατηγορία αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας για να πετύχουμε αυτό το επίπεδο εμπιστοσύνης για τη συγκεκριμένη εκτίμηση. Θεωρώντας ότι οι περισσότεροι οίκοι αξιολόγησης χρησιμοποιούν δέκα κλάσεις αξιολόγησης, θα χρειαστούμε ένα χαρτοφυλάκιο περίπου εκατό χιλιάδων δανείων. Επειδή ο όγκος των πληροφοριών που απαιτούνται είναι αρκετά μεγάλος, οι περισσότεροι τραπεζικοί οργανισμοί δεν διατηρούν τέτοια αρχεία, αλλά δημιουργούν συνεργασίες με άλλους τραπεζικούς οργανισμούς με αποτέλεσμα την κατασκευή ενός Πίνακα Εθνικής Θνησιμότητας Δανείων (National Loan Mortality table), ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει τα αποθεματικά δανεισμού των τραπεζικών οργανισμών.

		Years after Issuance									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AAA	Marginal	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Cumulative	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%
AA	Marginal	0.00%	0.00%	0.35%	0.19%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%	0.02%
	Cumulative	0.00%	0.00%	0.35%	0.54%	0.54%	0.54%	0.54%	0.54%	0.57%	0.59%
A	Marginal	0.00%	0.00%	0.02%	0.07%	0.03%	0.08%	0.05%	0.09%	0.06%	0.00%
	Cumulative	0.00%	0.00%	0.02%	0.09%	0.12%	0.20%	0.25%	0.34%	0.40%	0.40%
BBB	Marginal	0.12%	0.48%	0.55%	0.59%	0.56%	0.58%	0.72%	0.15%	0.05%	0.26%
	Cumulative	0.12%	0.60%	1.14%	1.73%	2.28%	2.85%	3.55%	3.70%	3.75%	3.98%
BB	Marginal	0.96%	1.65%	3.15%	1.54%	2.15%	0.95%	1.65%	0.45%	1.75%	3.75%
	Cumulative	0.96%	2.59%	6.50%	7.12%	9.12%	9.98%	11.47%	11.87%	13.41%	16.66%
B	Marginal	1.60%	4.94%	5.95%	6.72%	5.94%	4.15%	3.12%	2.10%	1.65%	0.85%
	Cumulative	1.60%	6.46%	12.03%	17.85%	22.73%	25.94%	28.25%	29.76%	30.92%	31.51%
CCC	Marginal	4.35%	13.26%	14.84%	8.15%	3.02%	9.15%	4.56%	3.26%	0.00%	4.15%
	Cumulative	4.35%	17.03%	31.00%	36.62%	38.53%	44.15%	46.70%	48.44%	48.44%	50.58%

Σχήμα 3.1⁵⁹

59 Saunders Allen, "Credit Risk Measurement New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms", σελ. 124

3.4.2 CSFP CreditRisk⁺

Το μοντέλο που αναπτύχθηκε από την Credit Suisse Financial Products βρίσκεται σε άμεση αντίθεση με το μοντέλο CreditMetrics που αναφέρθηκε προηγουμένως, σχετικά με τους στόχους και το θεωρητικό υπόβαθρό τους. Μία βασική διαφορά είναι ότι όπως αναφέραμε νωρίτερα, το CreditMetrics αποτελεί μία mark-to-market προσέγγιση των θέσεων ενός χαρτοφυλακίου, ενώ το CSFP Credit Risk Plus αποτελεί μία προσέγγιση Default Mode (DM), καθώς δεν λαμβάνει υπόψη τις πιθανές αυξομειώσεις της αξιολόγησης της πιστοληπτικής ικανότητας των οφειλετών, παρά μόνο την εμφάνιση αδυναμίας αποπληρωμής ή όχι. Μάλιστα, δεν κάνει καμία υπόθεση για την αιτία της αδυναμίας αποπληρωμής και θεωρεί ότι “οι αδυναμίες αποπληρωμής προκαλούνται από μία σειρά από γεγονότα με τέτοιο τρόπο ώστε να μην μπορεί να προβλεφθεί ο ακριβής χρόνος εμφάνισης ή ο ακριβής αριθμός αδυναμιών αποπληρωμής που θα εμφανιστούν”⁶⁰.

Μία άλλη βασική διαφορά, λοιπόν, είναι ότι στο CreditMetrics η πιθανότητα αδυναμίας αποπληρωμής σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή είναι σταθερή για κάθε κλάση, ενώ στο Credit Risk Plus η αδυναμία αποπληρωμής μοντελοποιείται ως μία συνεχής μεταβλητή με κατανομή πιθανότητας. Για τη μοντελοποίηση αυτή χρησιμοποιείται μία αναλογία από τον ασφαλιστικό κλάδο και συγκεκριμένα από τον τομέα της ασφάλειας πυρός περιουσίας. Όταν ασφαλίζεται ένα χαρτοφυλάκιο σπιτιών, υπάρχει μία μικρή πιθανότητα κάθε σπίτι να καεί, η οποία είναι ανεξάρτητη από την πιθανότητα να καεί οποιοδήποτε άλλο. Αντίστοιχα μπορούμε να σκεφτούμε για τον κίνδυνο αδυναμίας αποπληρωμής διαφόρων θέσεων, όπως οι υποθήκες και τα μικρά επιχειρηματικά δάνεια. Η αβεβαιότητα για τον ρυθμό εμφάνισης αδυναμίας αποπληρωμής είναι ο πρώτος παράγοντας αβεβαιότητας που μοντελοποιείται στο μοντέλο Credit Risk Plus.

Απλό Μοντέλο CreditRisk⁺

Οι πιθανές ζημίες ενός χαρτοφυλακίου προέρχονται συνήθως από ένα μεγάλο αριθμό οφειλετών και η πιθανότητα αδυναμίας αποπληρωμής κάθε οφειλέτη θεωρείται μικρή. Συγκεκριμένα, η πιθανότητα αδυναμίας αποπληρωμής του κάθε οφειλέτη σε ετήσια βάση υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες για την αξιολόγηση της πιστοληπτικής του ικανότητας και τον αναμενόμενο ρυθμό εμφάνισης αδυναμίας αποπληρωμής για την κλάση αξιολόγησης στην οποία ανήκει. Το απλό μοντέλο υποθέτει ότι οι ρυθμοί εμφάνισης αδυναμίας αποπληρωμής είναι σταθεροί και ανεξάρτητοι, με αποτέλεσμα ο αριθμός των αδυναμιών αποπληρωμής να μπορεί να περιγραφεί από μία κατανομή Poisson.

⁶⁰ Credit Suisse First Boston International (1997), “CreditRisk+: A Credit Risk Management Framework”, σελίδα 34

Έστω υποθετικό χαρτοφυλάκιο με N οφειλέτες. Σύμφωνα με τις παραπάνω υποθέσεις, κάθε θέση έχει μία συγκεκριμένη και γνωστή πιθανότητα να εμφανίσει αδυναμία αποπληρωμής σε διάστημα ενός χρόνου. Ορίζουμε p_A να είναι η ετήσια πιθανότητα αδυναμίας αποπληρωμής του οφειλέτη A .

Η πιθανότητα να εμφανισθούν n αδυναμίες αποπληρωμής σε ένα χρόνο υπολογίζεται από τον τύπο της κατανομής Poisson

$$P(n \text{ defaults}) = \frac{e^{-\mu} \mu^n}{n!} \quad 3.9$$

με $n=1, \dots, N$ και μ τη μέση τιμή εμφάνισης αδυναμιών αποπληρωμής.

Η πιθανογεννήτρια συνάρτηση για τον αριθμό των αδυναμιών αποπληρωμής $F(z)$ υπολογίζεται από τον τύπο

$$F(z) = \sum_{n=0}^{\infty} p(n \text{ defaults}) z^n = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{e^{-\mu} \mu^n}{n!} z^n \quad 3.10$$

Η μόνη παράμετρος είναι η μέση τιμή μ και δεν απαιτείται από το μοντέλο οι διάφορες θέσεις, ή αλλιώς τα διάφορα χρεόγραφα του χαρτοφυλακίου, να έχουν ίδια πιθανότητα εμφάνισης αδυναμίας αποπληρωμής. Η τυπική απόκλιση της κατανομής Poisson δίνεται από τον τύπο,

$$\sigma = \sqrt{\mu} \quad 3.11$$

Χρησιμοποιώντας, όμως, στοιχεία από τους Carty και Lieberman (1996), η CSFP έδειξε ότι η σχέση 3.11 δεν ισχύει πάντα και ιδιαίτερα για δάνεια χαμηλότερης πιστοληπτικής ικανότητας⁶¹ η κατανομή Poisson υποτιμά την πραγματική πιθανότητα αδυναμίας αποπληρωμής. Επίσης, επειδή οι ρυθμοί αδυναμίας αποπληρωμής παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις και δεν είναι σταθεροί, το μοντέλο εισάγει τα δύο παραπάνω στοιχεία στους υπολογισμούς του εκτεταμένου μοντέλου που θα αναλυθεί αργότερα.

Με τον παραπάνω τρόπο υπολογίζονται οι εμφανίσεις αδυναμιών αποπληρωμής σε ένα χρόνο. Ο σκοπός του μοντέλου είναι ο υπολογισμός των επιπέδων ζημίας από το χαρτοφυλάκιο. Ο δεύτερος παράγοντας αβεβαιότητας του μοντέλου, λοιπόν, είναι η αβεβαιότητα που περικλείει το μέγεθος της ζημίας. Όπως και στον ασφαλιστικό κλάδο, η ζημία σε περίπτωση πυρκαγιάς (αδυναμίας αποπληρωμής) διαφέρει από σπίτι σε σπίτι (από θέση σε θέση). Η κατανομή των επιπέδων ζημίας διαφοροποιούνται από αυτή του πλήθους των αδυναμιών αποπληρωμής, καθώς το ίδιο επίπεδο ζημίας μπορεί να προκληθεί ισοδύναμα

61 Saunders Allen, "Credit Risk Measurement New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms", σελίδα 128

από μία αδυναμία αποπληρωμής μεγάλου μεγέθους ή πολλές αδυναμίες αποπληρωμής μικρότερου μεγέθους.

Το μοντέλο εισάγει αυτόν τον παράγοντα αβεβαιότητας στρογγυλοποιώντας και ομαδοποιώντας τις θέσεις σε κλάσεις ζημίας (bands), λόγω της δυσκολίας μέτρησης της ζημίας για κάθε χρεόγραφο ξεχωριστά. Αυτή η διαδικασία μετατρέπει το μοντέλο σε προσεγγιστικό, αλλά δεδομένου ότι ο αριθμός των θέσεων είναι μεγάλος και οι κλάσεις ζημίας που επιλέγουμε είναι μικρές, συγκριτικά με την τάξη μεγέθους του χαρτοφυλακίου, η ακρίβεια της εκτίμησης μεγαλώνει αρκετά.

Ορίζουμε v_A να είναι το ποσό της θέσης του οφειλέτη A και ε_A να είναι η αναμενόμενη ζημία του οφειλέτη A στο χαρτοφυλάκιο που ορίσαμε παραπάνω. Για να εισάγουμε την κάθε θέση σε κάποια κλάση ζημίας, στρογγυλοποιούμε τα ποσά v_A , για κάθε A , στον πλησιέστερο ακέραιο και στη συνέχεια δημιουργούμε m κλάσεις ζημίας, με δείκτη j όπου $1 \leq j \leq m$, οι οποίες περιέχουν τις θέσεις που στρογγυλοποιήθηκαν στους ίδιους ακεραίους. Αυτή η διαδικασία όταν πραγματοποιείται σε ένα χαρτοφυλάκιο πολλών θέσεων, μειώνει δραστικά το πλήθος των τιμών για τα v_A .

Με την κατασκευή των κλάσεων ζημίας, ορίζουμε

- v_j το ποσό της κοινής πλέον θέσης των οφειλετών που βρίσκονται στην κλάση ζημίας j ,
- ε_j την αναμενόμενη ζημία της κλάσης ζημίας j και
- μ_j τη μέση τιμή των αδυναμιών αποπληρωμής στην κλάση ζημίας j .

Η αναμενόμενη ζημία, ε_j , υπολογίζεται από το γινόμενο της μέσης τιμής των θέσεων που εμφάνισαν αδυναμίας αποπληρωμής στην κλάση ζημίας j , μ_j , επί το ποσό της κλάσης, v_j .

$$\varepsilon_j = \mu_j v_j \quad \text{Οπότε} \quad \mu_j = \frac{\varepsilon_j}{v_j} = \sum_{A: v_A = v_j} \frac{\varepsilon_A}{v_A} \quad \mathbf{3.12}$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η συνολική μέση τιμή του αριθμού των αδυναμιών αποπληρωμής στο χαρτοφυλάκιο σε ένα χρόνο, μ , υπολογίζεται ως το άθροισμα των μέσων τιμών του αριθμού των αδυναμιών αποπληρωμής σε κάθε κλάση ζημίας, μ_j , δηλαδή

$$\mu = \sum_{j=1}^m \mu_j = \sum_{j=1}^m \frac{\varepsilon_j}{v_j} \quad \mathbf{3.13}$$

Δεδομένου ότι στρογγυλοποιήσαμε τη συνεχή τυχαία μεταβλητή X των συνολικών ζημιών από συνεχή σε διακριτή μέσω της χρήσης των κλάσεων ζημίας, ο δεύτερος παράγοντας αβεβαιότητας περιγράφεται

μαθηματικά από την πιθανογεννήτρια συνάρτησή του. Έστω $G(z)$ η πιθανογεννήτρια συνάρτηση των ζημιών για κάθε κλάση ζημίας j :

$$G_j(z) = \sum_{\kappa=0}^{\infty} p(\text{συνολικές ζημιές} = \kappa) z^{\kappa} \quad 3.14$$

Δεδομένου ότι έχουμε υποθέσει πως οι θέσεις/ζημιές είναι ανεξάρτητες, μπορούμε να γράψουμε τη πιθανογεννήτρια συνάρτηση ως γινόμενο των ζημιών σε κάθε κλάση ζημίας, δηλαδή

$$G(z) = \prod_{j=1}^m G_j(z) \quad 3.15$$

Κάθε κλάση ζημίας j μπορεί να θεωρηθεί ως ένα χαρτοφυλάκιο όπου όλες οι θέσεις n έχουν την ίδια τιμή v_j . Άρα η συνολική ζημία κ της κλάσης j ισούται με

$$\kappa = n v_j \quad 3.16$$

όπου n το πλήθος των αδυναμιών αποπληρωμής και ισχύει

$$p(\text{συνολικές ζημιές} = \kappa) = p(\text{συνολικές ζημιές} = n v_j) \equiv p(n \text{ defaults}) \quad 3.17$$

Χρησιμοποιώντας τις σχέσεις **3.9**, **3.10**, **3.16** και **3.17** στη σχέση **3.14** παίρνουμε την πιθανογεννήτρια συνάρτηση για τις ζημιές κάθε κλάσης ζημίας

$$G_j(z) = \sum_{n=0}^{\infty} p(n \text{ defaults}) z^{n v_j} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{e^{-\mu_j} \mu_j^n}{n!} z^{n v_j} \quad 3.14'$$

Χρησιμοποιώντας τις σχέσεις **3.14'** και **3.15** γνωρίζουμε την πιθανογεννήτρια συνάρτηση των ζημιών ολόκληρου του χαρτοφυλακίου και μπορούμε να τη χρησιμοποιήσουμε για να μάθουμε την κατανομή των ζημιών του χαρτοφυλακίου υπολογίζοντας τον κατάλληλο αναδρομικό τύπο.

Εκτεταμένο Μοντέλο CreditRisk⁺

Το εκτεταμένο μοντέλο διαφοροποιείται από το απλό κυρίως στο γεγονός ότι δεν θεωρεί τους ρυθμούς εμφάνισης αδυναμίας αποπληρωμής σταθερούς. Η μεταβολή της μέσης πιθανότητας αδυναμίας αποπληρωμής στο χρόνο (ή στον οικονομικό κύκλο), λοιπόν, αποτελεί, λοιπόν, τον τρίτο παράγοντα αβεβαιότητας του μοντέλου. Ο κύριος λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό, είναι ότι εάν θεωρήσουμε τους ρυθμούς αδυναμίας αποπληρωμής σταθερούς, ενώ αυτοί δεν είναι, υπάρχει η πιθανότητα κάποια χρονιά οι ρυθμοί αδυναμίας αποπληρωμής να είναι αρκετά μεγαλύτεροι από το μέσο όσο τους, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα να εμφανιστούν ακραίες ζημίες.

Οι λόγοι για τους οποίους οι ρυθμοί αδυναμίας αποπληρωμής παρουσιάζουν αβεβαιότητα μπορούν να συνοψιστούν στα επόμενα σημεία:

- Οι παρατηρημένοι ρυθμοί αδυναμίας αποπληρωμής μεταβάλλονται στο χρόνο ακόμα και μεταξύ οφειλετών με παρεμφερείς αξιολογήσεις πιστοληπτικής ικανότητας.
- Η κατάσταση της οικονομίας της χώρας ή του επιχειρησιακού κλάδου, στους οποίους βρίσκεται ο οφειλέτης, επηρεάζουν άμεσα τις πιθανότητες αδυναμίας αποπληρωμής.

Το δεύτερο σημείο υποδεικνύει ότι υπάρχει αβεβαιότητα από παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν έναν αριθμό οφειλετών στο χαρτοφυλάκιο. Για να μετρηθεί αυτή η αβεβαιότητα, το μοντέλο χωρίζει τους οφειλέτες σε τομείς, όπου ο κάθε τομέας περιέχει τους οφειλέτες που επηρεάζονται από έναν κοινό παράγοντα στο ρυθμό εμφάνισης αδυναμίας αποπληρωμής που τους αντιστοιχεί. Για παράδειγμα, ένας τέτοιος διαχωρισμός θα μπορούσε να γίνει με βάση τη χώρα ή τον επιχειρηματικό κλάδο στον οποίο εδρεύει ή ανήκει ο κάθε οφειλέτης.

Για τους λόγους αυτούς, οι οφειλέτες διαχωρίζονται σε s τομείς και μοντελοποιείται εκ νέου ο ρυθμός εμφάνισης αδυναμιών αποπληρωμής για κάθε τομέα s , ως μία τυχαία μεταβλητή με μέση τιμή μ_s και τυπική απόκλιση σ_s . Η τυπική απόκλιση, ουσιαστικά, αποτελεί ένα μέτρο για το βαθμό στον οποίο επηρεάζονται οι ρυθμοί εμφάνισης αδυναμίας αποπληρωμής των οφειλετών που ανήκουν στον ίδιο τομέα s .

Μετά το διαχωρισμό των οφειλετών σε s τομείς, το μοντέλο εργάζεται όπως και προηγουμένως, δηλαδή στρογγυλοποιεί τα ποσά των θέσεων στους κοντινότερους ακεραίους και ομαδοποιεί τους οφειλέτες σε κλάσεις ζημίας j . Με τους κατάλληλους μετασχηματισμούς, η σχέση **3.13** για τη μέση τιμή μετατρέπεται

στην παρακάτω⁶²:

$$\mu_s = \sum_{j=1}^m \mu_{s,j} = \sum_{j=1}^{m(s)} \frac{\varepsilon_j^{(s)}}{v_j^{(s)}} \quad 3.13'$$

Για τον υπολογισμό της τυπικής απόκλισης εργαζόμαστε ως εξής:

Η σχέση 3.13' αναλύει τη μέση τιμή του ρυθμού αδυναμίας αποπληρωμής του κάθε τομέα ως ένα άθροισμα των μέσων τιμών για κάθε κλάση του τομέα. Μία ισοδύναμη ανάλυση θα ήταν να αναλύσουμε τη μέση τιμή μ_s ως ένα άθροισμα για κάθε οφειλέτη A του κάθε τομέα s ξεχωριστά, δηλαδή

$$\mu_s = \sum_A \frac{\varepsilon_A}{v_A} \quad 3.13''$$

Υπό αυτό το πρίσμα, ορίζουμε σ_A να είναι η τυπική απόκλιση που αντιστοιχεί στην αδυναμία αποπληρωμής κάθε οφειλέτη A στον τομέα s και p_A να είναι η μέση πιθανότητα αδυναμίας αποπληρωμής του οφειλέτη A στον τομέα s , που δίνεται από τη σχέση

$$p_A = \frac{\varepsilon_A}{v_A} \quad 3.18$$

Η τυπική απόκλιση σ_A του κάθε οφειλέτη A , εξαρτάται από την αξιολόγηση της πιστοληπτικής του ικανότητας, υποδεικνύοντας, έτσι, ότι το μοντέλο θεωρεί ότι η αξιολόγηση της πιστοληπτικής ικανότητας των οφειλετών σε κάθε τομέα είναι πιο σημαντική στην εξήγηση της μεταβλητότητας του αναμενόμενου ρυθμού εμφάνισης αδυναμίας αποπληρωμής από ότι ο ίδιος ο τομέας.

Με τις κατάλληλες υποθέσεις και μετασχηματισμούς, το μοντέλο υπολογίζει την τυπική απόκλιση του κάθε τομέα s , σ_s , ως το άθροισμα των τυπικών αποκλίσεων κάθε οφειλέτη A , δηλαδή

$$\sigma_s = \sum_A \sigma_A \quad 3.19$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το μοντέλο καταλήγει μετά από μερικούς σύνθετους υπολογισμούς στην μοντελοποίηση του μέσου ρυθμού αδυναμίας αποπληρωμής σε κάθε τομέα, x_s , ως μία κατανομή Γάμμα με παραμέτρους α_s, β_s ($x_s \sim \Gamma(\alpha_s, \beta_s)$). Η κατανομή Γάμμα $\Gamma(\alpha, \beta)$ περιγράφεται πλήρως από τη μέση τιμή και τη διασπορά της, οι οποίες ισούνται με

62 Credit Suisse First Boston International (1997), "CreditRisk+: A Credit Risk Management Framework", σελίδα 42

$$\mu = \alpha\beta \text{ και } \sigma^2 = \alpha\beta^2 \quad \mathbf{3.20}$$

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία του μοντέλου, αυτές οι μεταβλητές α_s και β_s για την κατανομή Γάμμα του κάθε τομέα δίνονται από τη σχέση

$$\alpha_s = \frac{\mu_s^2}{\sigma_s^2} \text{ και } \beta_s = \frac{\sigma_s^2}{\mu_s} \quad \mathbf{3.21}$$

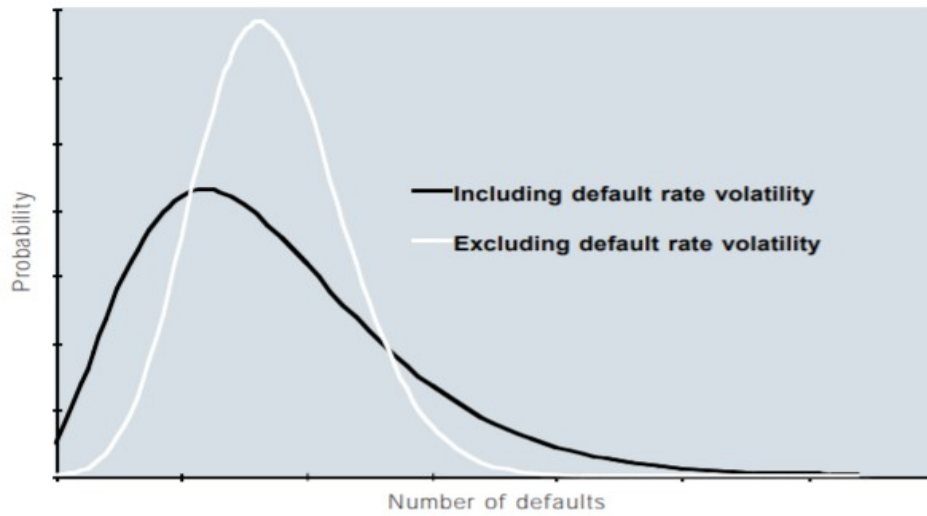
Γνωρίζοντας, πλέον, την κατανομή των ρυθμών αδυναμίας αποπληρωμής, το μοντέλο πραγματοποιεί τους κατάλληλους υπολογισμούς και καταλήγει ότι το πλήθος των αδυναμιών αποπληρωμής σε κάθε τομέα ακολουθεί Αρνητική Διωνυμική Κατανομή με πιθανότητα,

$$p_s = \frac{\beta_s}{1 + \beta_s} \quad \mathbf{3.22}$$

και συνάρτηση πιθανότητας,

$$P(n \text{ defaults}) = \binom{n + \alpha_s - 1}{n} p_s^n (1 - p_s)^{\alpha_s} \quad \mathbf{3.23}$$

όπου τα α_s και β_s , αυτά της σχέσης **3.20**. Σύμφωνα με τα παραπάνω, η κατανομή του πλήθους των αδυναμιών αποπληρωμής για ολόκληρο το χαρτοφυλάκιο είναι ένα ανεξάρτητο άθροισμα των Αρνητικών Διωνυμικών Κατανομών του κάθε τομέα.



Σχήμα 3.1⁶³

63 Credit Suisse First Boston International (1997), "CreditRisk+: A Credit Risk Management Framework", σελίδα 18

Στο Σχήμα 3.1 παραπάνω φαίνεται πιο καθαρά η διαφορά του απλού και του εκτεταμένου μοντέλου αναφορικά με τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας του πλήθους των αδυναμιών αποπληρωμής.

Στη συνέχεια, το εκτεταμένο μοντέλο χρησιμοποιεί τη μεθοδολογία που χρησιμοποιεί και το απλό μοντέλο για τον υπολογισμό της πιθανογεννήτριας συνάρτησης των ζημιών από αδυναμίες αποπληρωμής $G(z)$ ως το γινόμενο των πιθανογεννήτριων συναρτήσεων των ζημιών για κάθε τομέα s , $G_s(z)$, δηλαδή

$$G(z) = \prod_{s=1}^n G_s(z) \quad 3.24$$

Πραγματοποιώντας τους κατάλληλους μετασχηματισμούς για τις κλάσεις ζημίας j του κάθε τομέα s και μία σειρά σύνθετων υπολογισμών, η πιθανογεννήτρια συνάρτηση των ζημιών από αδυναμίες αποπληρωμής για όλο το χαρτοφυλάκιο μετασχηματίζεται σε

$$G(z) = \prod_{s=1}^n G_s(z) = \prod_{s=1}^n \left(\frac{1 - p_s}{1 - \frac{p_s}{\mu_s} \sum_{j=1}^{m(s)} \frac{\epsilon_j^{(s)}}{\nu_j^{(s)}} z^{\nu_j^{(s)}}} \right)^{\alpha_s} \quad 3.24'$$

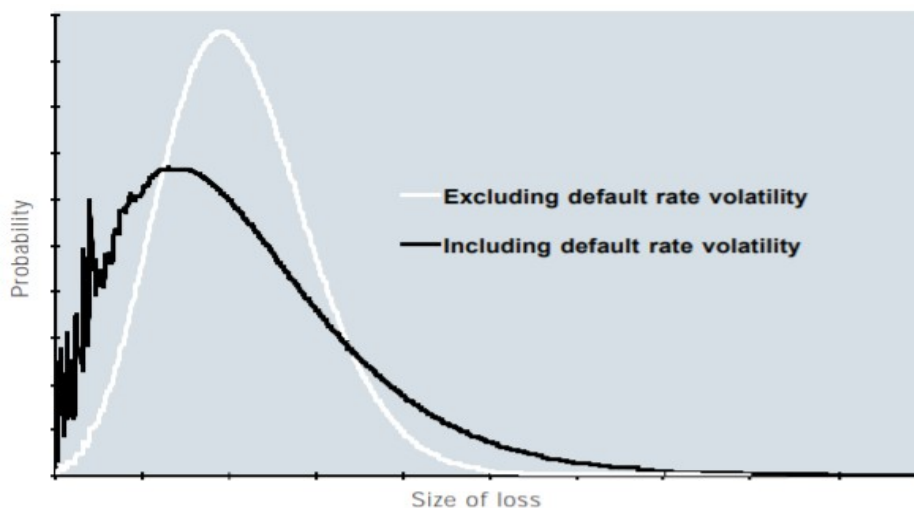
Χρησιμοποιώντας την παραπάνω έκφραση κλειστού τύπου για την κατανομή των ζημιών του χαρτοφυλακίου, υπολογίζεται ο κατάλληλος αναδρομικός τύπος, από τον οποίο προκύπτει η κατανομή των ζημιών του χαρτοφυλακίου.

Η νέα κατανομή ζημιών που παράχθηκε παρουσιάζει “παχύτερες ουρές” (fat tails) από αυτή του απλού μοντέλου, δηλαδή δίνει μεγαλύτερη πιθανότητα στην εμφάνιση ακραίων περιπτώσεων από ότι η προηγούμενη κατανομή. Η σύγκριση των δύο συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας που προκύπτει από τα δύο μοντέλα για το μέγεθος της ζημίας απεικονίζεται στο σχήμα 3.2 που ακολουθεί.

Ο λόγος ύπαρξης του απλού μοντέλου, παρά την παρατήρηση ότι οι ρυθμοί εμφάνισης αδυναμίας αποπληρωμής δεν είναι σταθεροί εν γένει, εντοπίζεται στο γεγονός ότι το εκτεταμένο μοντέλο λειτουργεί όπως το απλό (όπου οι ρυθμοί εμφάνισης αδυναμίας αποπληρωμής είναι σταθεροί) σε δύο διαφορετικές περιπτώσεις:

- Η τυπική απόκλιση και η μέση τιμή των ρυθμών εμφάνισης αδυναμίας αποπληρωμής για κάθε τομέα τείνουν στο 0.

- Ο αριθμός των τομέων τείνει στο άπειρο⁶⁴.



Σχήμα 3.2⁶⁵

Κεφαλαιακές απαιτήσεις

Σύμφωνα με την τεχνική μελέτη της CSFP, *“η ανάλυση της αβεβαιότητας είναι η ουσία της διαχείρισης κινδύνου”*⁶⁶. Αυτή η προσέγγιση απαιτεί από τους τραπεζοοικονομικούς οργανισμούς να έχουν τα απαραίτητα έσοδα για να απορροφήσουν οποιαδήποτε αναμενόμενη ζημία. Η αναμενόμενη ζημία είναι, όμως, μόνο ένας από τους παράγοντες που αποτελούν τον πιστωτικό κίνδυνο. Ο δεύτερος παράγοντας είναι οι μη αναμενόμενες ζημίες. Για το λόγο αυτό, απαιτείται οι τραπεζοοικονομικοί οργανισμοί να διατηρούν οικονομικό κεφάλαιο τέτοιο ώστε να καλύπτονται και οι μη αναμενόμενες ζημίες από πιθανές αδυναμίες αποπληρωμής, καθώς οι συνολικές ζημίες μπορεί να είναι αισθητά μεγαλύτερες από τις αναμενόμενες.

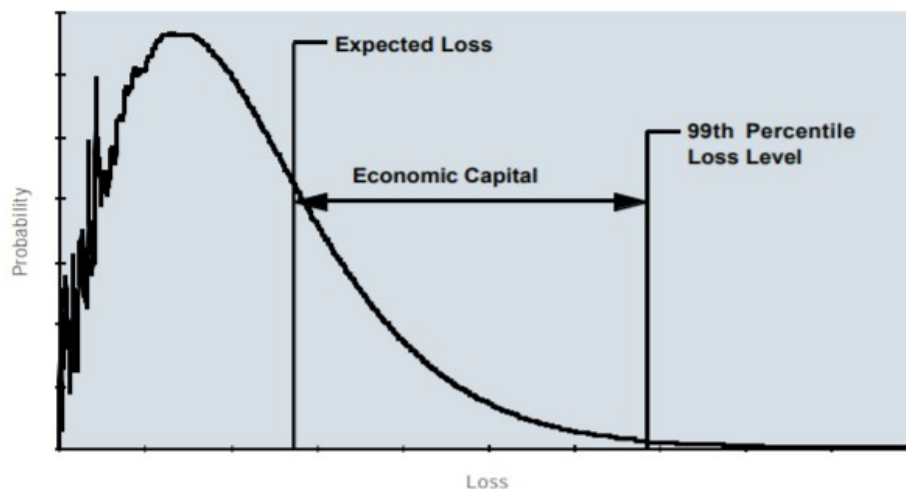
Η γνώση της κατανομής των ζημιών ενός χαρτοφυλακίου θέσεων στον κίνδυνο, με τη χρήση του μοντέλου CreditRisk⁺, επιτρέπει στους τραπεζοοικονομικούς οργανισμούς να μπορούν να διαχειριστούν το κεφάλαιο που βρίσκεται σε κίνδυνο λόγω της κατοχής ενός χαρτοφυλακίου θέσεων. Ένα μέτρο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκτιμήσει τις ουρές (δηλαδή τις ακραίες περιπτώσεις ή τις μη αναμενόμενες ζημίες) είναι ο υπολογισμός των ζημιών στο 99ο ποσοστημόριο της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας του μεγέθους των ζημιών. Το οικονομικό κεφάλαιο που απαιτείται για την

64 Credit Suisse First Boston International (1997), “CreditRisk+: A Credit Risk Management Framework”, σελίδες 49-50

65 Credit Suisse First Boston International (1997), “CreditRisk+: A Credit Risk Management Framework”, σελίδα 19

66 Credit Suisse First Boston International (1997), “CreditRisk+: A Credit Risk Management Framework”, σελίδα 23

απορρόφηση αυτών των ζημιών φαίνεται στο σχήμα 3.3 που ακολουθεί.



Σχήμα 3.3⁶⁷

Η μη-αναμενόμενη ζημία, u_j , υπολογίζεται όπως η αναμενόμενη ζημία με τη μόνη διαφορά ότι αντί του μέσου όρου των δανείων που εμφάνισαν αδυναμίας αποπληρωμής, μ_j , χρησιμοποιείται ο αριθμός των δανείων που ανήκουν στο 99ο ποσοστημόριο της κατανομής, λ_j . Το λ_j πρακτικά υπολογίζεται από το διάγραμμα ή τον πίνακα σωρευτικών πιθανοτήτων της κάθε κλάσης- j , βρίσκοντας τον αριθμό των θέσεων που εμφάνισαν αδυναμία αποπληρωμής, λ , που αντιστοιχεί στην σωρευτική πιθανότητα 99%.

$$u_j = \lambda_j v_j \tag{3.25}$$

Αυτή η διαδικασία υλοποιείται για όλες τις κλάσεις ζημίας και στο τέλος αθροίζονται όλα τα αποτελέσματα για τη δημιουργία της κατανομής της συνολικής ζημίας των δανείων και υπολογίζονται τα αντίστοιχα *TEL* (Total Expected Loss) και *TUL* (Total Unexpected Loss).

$$TEL = \sum_{j=1}^m \varepsilon_j \tag{3.26}$$

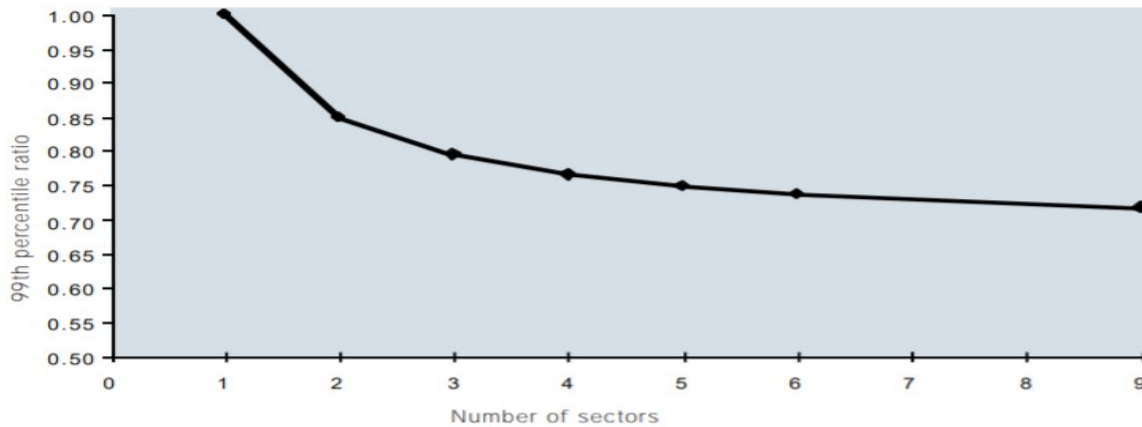
$$TUL = \sum_{j=1}^m u_j$$

Τέλος, οι κεφαλαιακές απαιτήσεις (capital requirements - CR) των τραπεζικών οργανισμών που κατέχουν τα εν λόγω χαρτοφυλάκια δανείων υπολογίζονται από τη σχέση

67 Credit Suisse First Boston International (1997), "CreditRisk+: A Credit Risk Management Framework", σελίδα 24

Στο σημείο αυτό, ολοκληρώνουμε την ανάλυση του μοντέλου τονίζοντας τις επιπτώσεις που έχει η ανάλυση τομέων που περιγράψαμε στο εκτεταμένο μοντέλο CreditRisk⁺ στην κατανομή των ζημιών. Όσο περισσότεροι τομείς δημιουργηθούν στο μοντέλο τόσο μεγαλύτερη είναι η διαφοροποίηση των θέσεων μεταξύ τους, ενώ το χαρτοφυλάκιο θεωρείται πιο συγκεντρωμένο εάν αποτελείται μόνο από έναν τομέα.

Στο σχήμα 3.4 που ακολουθεί φαίνονται οι επιπτώσεις του αριθμού των τομέων που αποτελούν ένα χαρτοφυλάκιο στην κατανομή των ζημιών, αντιπαραβάλλοντας τον αριθμό των τομέων με το ποσοστό των παρατηρήσεων που βρίσκονται στο 99ο ποσοστημόριο της κατανομής των ζημιών.



Σχήμα 3.4⁶⁸

68 Credit Suisse First Boston International (1997), "CreditRisk+: A Credit Risk Management Framework", σελίδα 21

4. STRESS TESTS

Η διαδικασία υπολογισμού, ποσοτικοποίησης και εν τέλει διαχείρισης του πιστωτικού κινδύνου με τα υποδείγματα που αναφέρθηκαν παραπάνω ολοκληρώνεται με τις διαδικασίες ελέγχου των υποδειγμάτων. Οι διαδικασίες αυτές αποτελούνται από διάφορα μέρη και συγκεκριμένα την ανάλυση σεναρίου, τον επανέλεγχο των αποτελεσμάτων (*Back Testing*) και την εφαρμογή ακραίων σεναρίων με τη μεθοδολογία *Stress Testing*. Αποτελούν απαραίτητο μέρος της διαδικασίας της διαχείρισης του κινδύνου, καθώς ελέγχουν και αξιολογούν τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται, την ισχύ των αποτελεσμάτων τους και καθορίζουν τα όρια, εντός των οποίων, τα μοντέλα/υποδείγματα που χρησιμοποιούνται είναι αποδοτικά. Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε τη μεθοδολογία του *Stress Testing*, καθώς η χρήση της είναι απαραίτητη και ιδιόζουσα σημασία για τους οικονομικούς οργανισμούς που θέλουν να διαχειριστούν τους κινδύνους που αντιμετωπίζουν με τα μοντέλα/υποδείγματα που αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια.

Στα πλαίσια της ανάλυσης της μεθοδολογίας, θα αφιερωθούμε κυρίως στον κλάδο των Τραπεζών. Ο λόγος έγκειται στο γεγονός ότι οι Τράπεζες αποτελούν την κύρια μορφή των οικονομικών οργανισμών που χρησιμοποιούν τα παραπάνω μοντέλα για την ποσοτικοποίηση και την διαχείριση του πιστωτικού κινδύνου.

Η ουσία της μεθόδου εντοπίζεται στην παρατήρηση του τρόπου με τον οποίο ένα μοντέλο ή ένα σύστημα ανταπεξέρχεται στην πίεση. Ως πίεση στο συγκεκριμένο περιεχόμενο, ορίζεται η εμφάνιση ακραίων, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις των οικονομολόγων, οικονομικών καταστάσεων, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν στην εμφάνιση μη αναμενόμενων ζημιών. Εν ολίγοις, το τραπεζικό *Stress Testing* προορίζεται στην εξέταση της αντοχής των Τραπεζών σε σοβαρά και σχεδόν απίθανα “σοκ”⁶⁹.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η μεθοδολογία των *Stress Tests* μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο ως μέτρο υπολογισμού των επιπτώσεων των ακραίων σεναρίων σε κάθε Τράπεζα, όσο και προληπτικά για τη δημιουργία πιο αυστηρών πολιτικών στις διαδικασίες δημιουργίας και αξιολόγησης μαθηματικών μοντέλων για τον υπολογισμό και τη διαχείριση του πιστωτικού, και όχι μόνο, κινδύνου από τους οικονομικούς οργανισμούς. Μία μορφή της προληπτικής χρήσης των συγκεκριμένων πρακτικών είναι η αύξηση των κεφαλαιακών απαιτήσεων των οικονομικών οργανισμών μετά τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων των μοντέλων διαχείρισης κινδύνου σε ακραία σενάρια⁷⁰.

69 Dent K., Westwood B. (2016), “Stress testing of banks: an introduction”, *Bank of England Bulletin*, σελ. 131.

70 Farag M., Harlan D., Nixon D. (2013), “Bank capital and Liquidity”, *Bank of England Bulletin*.

Στη συνέχεια, θα αναλύσουμε μία από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνικές Stress Testing στον Τραπεζικό Κλάδο, γνωστή και ως Ταυτόχρονη Τεχνική Καταπόνησης (*Concurrent Stress Testing*). Τα βασικά χαρακτηριστικά της τεχνικής αυτής συνοψίζονται στα εξής:

- πραγματοποιείται συνήθως από έναν επίσημο Ελεγκτικό Φορέα,
- στοχεύει στο κεφάλαιο που διατηρεί ο κάθε Τραπεζικός Οργανισμός ανά πάσα στιγμή, και
- χρησιμοποιούνται τα στοιχεία των ισολογισμών πολλών Τραπεζικών Οργανισμών ταυτόχρονα στο ίδιο ακραίο σενάριο (εξ ου και “ταυτόχρονη”).

Ο λόγος που αναλύουμε τη συγκεκριμένη τεχνική συμπίπτει με το λόγο που χρησιμοποιείται συχνότερα από άλλες και εντοπίζεται στα πλεονεκτήματα που εμφανίζει σε σύγκριση με τις υπόλοιπες. Ένα τέτοιο πλεονέκτημα είναι το γεγονός ότι εφαρμόζοντας τα ίδια ακραία σενάρια σε ένα σύνολο Τραπεζών ταυτόχρονα, βελτιώνονται τα αποτελέσματά της καθιστώντας την εφαρμόσιμη και ρεαλιστική σε μεγαλύτερο πλήθος Τραπεζών. Ένα δεύτερο πλεονέκτημα της ταυτόχρονης εφαρμογής ακραίων σεναρίων είναι η αναγνώριση των κινδύνων που μπορούν να επηρεάσουν ένα μεγάλο σύνολο Τραπεζών και είναι, έτσι, ικανοί να πλήξουν σε μεγάλο βαθμό το χρηματοοικονομικό σύστημα στο σύνολό του.

Τέλος, το σημαντικότερο γεγονός το οποίο οδήγησε στη δημιουργία της τεχνικής αυτής είναι, για ακόμη μία φορά, η εμφάνιση της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης. Μέχρι εκείνο το σημείο στο χρόνο, οι Τραπεζικοί Οργανισμοί πραγματοποιούσαν μόνοι τους την εφαρμογή ακραίων σεναρίων στα μοντέλα που χρησιμοποιούσαν, αλλά η εμφάνιση της κρίσης υπέδειξε την αδυναμία της ισχύουσας μεθοδολογίας και την ανάγκη της δημιουργίας μίας αποτελεσματικότερης καινούριας μεθοδολογίας.

Μεθοδολογία Concurrent Stress Testing

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η συγκεκριμένη τεχνική αφορά στον υπολογισμό του αντίκτυπου ενός ή περισσότερων υποθετικών ακραίων σεναρίων στην κεφαλαιακή θέση του εκάστοτε Τραπεζικού Οργανισμού από ένα σύνολο αυτών. Στις παλαιότερες τεχνικές Stress Testing τα υποθετικά σενάρια αποτελούνταν κυρίως από ιστορικά ακραία γεγονότα στο χρηματοοικονομικό τομέα, μερικά από τα οποία αναφέρονται στον Πίνακα 4.1 που ακολουθεί.

Σενάριο	Ημερομηνία
Μαύρη Δευτέρα	1987
Σοκ Αμερικάνικων επιτοκίων	1994
Κρίση Μεξικάνικου Νομίσματος (Πέσο)	1994
Ασιατική Κρίση	1997
Ρώσικη Κρίση	1998

Πίνακας 4.1⁷¹

Στις σύγχρονες τεχνικές, όπως αυτή που αναλύεται στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, δημιουργούνται καινούρια σενάρια, με σκοπό την πρόληψη της εμφάνισης γεγονότων με διαφορετικά χαρακτηριστικά από αυτά που έχουν μέχρι τώρα εμφανισθεί⁷². Επακόλουθα, τα σενάρια αυτά δεν αποτελούν μία πιθανή κατάσταση στην οποία μπορεί να βρεθεί η εξεταζόμενη οικονομία, με βάση τις μελέτες των οικονομολόγων, αλλά αποτελούν απίθανα και αρκετά ισχυρά ακραία σενάρια που μπορούν να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό τους Τραπεζικούς Οργανισμούς. Ένα παράδειγμα μίας αρκετά συνηθισμένης μορφής τέτοιων σεναρίων, είναι η εμφάνιση μίας ισχυρής οικονομικής ύφεσης σε συνδυασμό με μία έντονη κρίση στις χρηματοοικονομικές αγορές.

Τα αποτελέσματα των κεφαλαιακών θέσεων των Τραπεζικών Οργανισμών που υπόκεινται σε αυτά τα ακραία σενάρια, αποτελούν τα αποτελέσματα της μεθόδου και, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, χρησιμοποιούνται είτε για την προσαρμογή των κεφαλαιακών απαιτήσεων των Οργανισμών αυτών στα κατάλληλα επίπεδα, είτε για την προσαρμογή της πολιτικής πρόληψης τέτοιων σεναρίων από τους Ελεγκτικούς Οργανισμούς.

Η δημιουργία ενός υποθετικού σεναρίου αναλύεται σε δύο βασικά στάδια: στην επιλογή των ειδών κινδύνου που θα εξετασθούν με το συγκεκριμένο τεστ και στο βαθμό μεταβολής τους. Η κατάλληλη επιλογή αυτών των δυο παραγόντων επηρεάζεται άμεσα από τον σκοπό που θέλει να επιτύχει ο Οργανισμός που πραγματοποιεί το εκάστοτε τεστ.

71 Dent K., Westwood B. (2016), "Stress testing of banks: an introduction", Bank of England Bulletin, σελ. 132.

72 Γεώργιος Κ. Παδούβας (2015), "Ανάλυση Χρηματοοικονομικών Κινδύνων και VAR", σελ. 47.

Έτσι, στην περίπτωση που ο Οργανισμός που πραγματοποιεί το τεστ θέλει να ελέγξει τη συσχέτιση των διαφορετικών κινδύνων που αντιμετωπίζουν οι Τραπεζικοί Οργανισμοί του εξεταζόμενου δείγματος και το αντίκτυπο που αυτοί έχουν σε διαφορετικά στοιχεία του ισολογισμού τους, το υποθετικό σενάριο που θα κατασκευαστεί συνήθως θα προσομοιώνει μία σοβαρή οικονομική ύφεση ευρείας κλίμακας. Αυτά τα σενάρια, συνήθως, περιέχουν στην κατασκευή τους τις προβλέψεις των οικονομολόγων για τις επιδράσεις που θα έχουν διάφορες μακροοικονομικές παράμετροι, όπως το ποσοστό ανεργίας, ο πληθωρισμός και άλλες⁷³, στο οικονομικό σύστημα που εξετάζεται και εν συνεχεία στα κεφάλαια των Τραπεζικών Οργανισμών που ανήκουν σε αυτό.

Στο άλλο άκρο της κλίμακας των υποθετικών σεναρίων, όπου ο Οργανισμός που πραγματοποιεί το τεστ θέλει να ελέγξει έναν συγκεκριμένο κίνδυνο, το υποθετικό σενάριο είναι αρκετά πιο εξειδικευμένο και δεν λαμβάνονται υπόψιν οι προαναφερθείσες μακροοικονομικές παράμετροι.

Συμπερασματικά, η πολυπλοκότητα του υποθετικού σεναρίου που κατασκευάζεται εξαρτάται κυρίως από τον Οργανισμό που πραγματοποιεί το τεστ και τις προθέσεις του. Για παράδειγμα, παρατηρείται ότι στα Stress Tests που πραγματοποιούνται στον τομέα των Τραπεζών, τα υποθετικά σενάρια είναι πιο σοβαρά και περίπλοκα από ότι σε άλλους τομείς, καθώς ο τομέας των Τραπεζών επηρεάζει σε αρκετά μεγάλο βαθμό την οικονομία είτε σε τοπική είτε σε παγκόσμια κλίμακα⁷⁴.

Οι παράγοντες που αναφέρθηκαν, φυσικά, δεν αποτελούν το σύνολο των παραγόντων που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή ενός υποθετικού σεναρίου. Κάποιοι επιπλέον παράγοντες που μπορούν να προστεθούν στην διαδικασία αυτή, είναι η προσομοίωση του σεναρίου σε διαφορετικούς χρονικούς ορίζοντες, η προσθήκη διαφορετικών ειδών κινδύνων, η διατήρηση ή μη των κεφαλαίων των εξεταζόμενων Τραπεζικών Οργανισμών σταθερών κατά τη διάρκεια του χρονικού ορίζοντα εξέλιξης του σεναρίου κ.ά.

Μετά την κατασκευή του, κατάλληλου για τον σκοπό του εκάστοτε ελέγχου, υποθετικού σεναρίου, υπάρχουν πλέον όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την πραγματοποίηση ενός Ταυτόχρονου Stress Test, ως εξής:

1. Συγκεντρώνονται τα στοιχεία του υποθετικού σεναρίου και των αρχικών κεφαλαίων των Τραπεζικών Οργανισμών που εξετάζονται, πριν την προσομοίωση του σεναρίου.
2. Μοντελοποιείται το πρόβλημα με τη χρήση ενός συνδυασμού των μοντέλων των Τραπεζικών

73 Dent K., Westwood B. (2016), "Stress testing of banks: an introduction", Bank of England Bulletin, σελ. 134.

74 Dent K., Westwood B. (2016), "Stress testing of banks: an introduction", Bank of England Bulletin, σελ. 136.

Οργανισμών και των Ελεγκτικών Αρχών, με σκοπό τον υπολογισμό του αντίκτυπου που θα έχει το υποθετικό σενάριο που κατασκευάστηκε στις Τράπεζες.

3. Παράγονται οι προβλέψεις των ισολογισμών των Τραπεζών βάσει του αντίκτυπου που έχει σε αυτές το ακραίο σενάριο.
4. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα: α) στις Τράπεζες που πήραν μέρος στο τεστ, με σκοπό την προσαρμογή των πολιτικών που ακολουθούν για την διαμόρφωση του επιπέδου των κεφαλαίων που διατηρούν, και β) στο σύνολο των Τραπεζών και των Ελεγκτικών Αρχών, με σκοπό την προσαρμογή των καθολικών πολιτικών διαμόρφωσης των κεφαλαιακών απαιτήσεων.

Τα παραπάνω βήματα περιγράφουν το μεγαλύτερο μέρος της διαδικασίας των Concurrent Stress Tests, όπως αυτά πραγματοποιούνται συνήθως από τους εκάστοτε αρμόδιους Οργανισμούς. Στη διαδικασία αυτή, δεν έχουμε αναφερθεί ακόμα στον τρόπο υπολογισμού των προβλέψεων για τα κεφάλαια των Τραπεζών που εξετάζονται.

Στο συγκεκριμένο κομμάτι υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις, οι οποίες εξαρτώνται συνήθως από το ποιός είναι ο Οργανισμός που πραγματοποιεί το τεστ. Όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως, το τεστ μπορεί να πραγματοποιείται από έναν Ελεγκτικό Οργανισμό, από τους ίδιους τους Τραπεζικούς Οργανισμούς ή από έναν συνδυασμό των δύο. Επακόλουθα, οι προσεγγίσεις συνοψίζονται σε τρεις κατηγορίες κατασκευής μοντέλων, τα “συγκεντρωτικά μακροοικονομικά μοντέλα” (top-down macro-models), τα “αναλυτικά μικροοικονομικά μοντέλα” (bottom-up micro-models) και μία σύνθεση των δύο. Τα “συγκεντρωτικά μακροοικονομικά μοντέλα” στοχεύουν στον υπολογισμό των συνεπειών του ακραίου σεναρίου σε ένα ευρύ επίπεδο, προτού ασχοληθούν με τις συνέπειές του στον κάθε Τραπεζικό Οργανισμό ξεχωριστά, εν αντιθέσει με τα “αναλυτικά μικροοικονομικά μοντέλα”, τα οποία στοχεύουν στον υπολογισμό των συνεπειών του ακραίου σεναρίου αρχικά στον κάθε Τραπεζικό Οργανισμό και εν συνεχεία στο σύνολο του τραπεζικού συστήματος⁷⁵.

Ως φυσικό επακόλουθο των παραπάνω, τα “αναλυτικά μικροοικονομικά μοντέλα” χρησιμοποιούνται τόσο από τους Ελεγκτικούς Οργανισμούς όσο και από τους Τραπεζικούς Οργανισμούς, ενώ τα “συγκεντρωτικά μακροοικονομικά μοντέλα” χρησιμοποιούνται σχεδόν πάντα από τους Ελεγκτικούς Οργανισμούς. Η σύνθεση των δύο μοντέλων χρησιμοποιείται αρκετά πιο σπάνια σε πολύ εξειδικευμένα τεστ⁷⁶.

75 Καλφαόγλου Φ, “Τραπεζική Ένωση στην Ευρώπη”.

76 Dent K., Westwood B. (2016), “Stress testing of banks: an introduction”, Bank of England Bulletin, σελ. 136.

Περιορισμοί της μεθόδου

Σε αυτό το σημείο, καλό θα ήταν να διευκρινιστεί ότι η μεθοδολογία των Stress Tests δεν διαμορφώνει εξ ολοκλήρου την πολιτική των εποπτικών αρχών για τη δημιουργία των πλαισίων διαμόρφωσης των κεφαλαιακών απαιτήσεων των Χρηματοοικονομικών Οργανισμών.

Επεξηγηματικά, η παραπάνω μεθοδολογία αποτελεί μόνο ένα από τα αναλυτικά εργαλεία για τη δημιουργία τέτοιων πλαισίων και λειτουργεί συμπληρωματικά στην υπόλοιπη μεθοδολογία, καθώς περιέχει ένα μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας στα αποτελέσματά της. Η αβεβαιότητα αυτή προκύπτει από ένα πλήθος παραγόντων, όπως την επιλογή του υποθετικού σεναρίου, την επιλογή των κινδύνων που θα εξετασθούν στην κάθε περίπτωση, το μέγεθος των μεταβολών που θα εφαρμοσθεί σε κάθε παράγοντα κινδύνου και την κριτική ικανότητα και την εμπειρία των στελεχών που το πραγματοποιούν.

Οι κατευθύνσεις στις οποίες μπορεί να βελτιωθεί μελλοντικά η εν λόγω μεθοδολογία συνοψίζονται στις εξής⁷⁷:

- Βελτίωση της ικανότητας των Stress Tests να εκτιμούν την αντοχή των Τραπεζών σε ακραία σενάρια με τη διερεύνηση μεγαλύτερου πλήθους κινδύνων σε μεγαλύτερο βάθος.
- Εισαγωγή μηχανισμών ανατροφοδότησης της συμπεριφοράς των Τραπεζών σε περιόδους κρίσεις και μεγέθυνσης της σημασίας των κινήσεών τους⁷⁸.
- Επέκταση της εφαρμογής τους σε κλάδους πέραν του τραπεζικού, με σκοπό τη βελτίωση των μοντέλων σε καθολικό επίπεδο.

77 Dent K., Westwood B. (2016), "Stress testing of banks: an introduction", Bank of England Bulletin, σελ. 137.

78 Constancio V. (2015), "The role of stress testing in supervision and macroprudential policy".

5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

5.1 Διαχείριση κινδύνου στον δείκτη S&P 500: Υπόδειγμα GARCH(p,q)

Για την καλύτερη εισαγωγή του αναγνώστη στις μεθόδους υπολογισμού και διαχείρισης του πιστωτικού κινδύνου, στο παρόν κεφάλαιο θα επιχειρήσουμε να παρουσιάσουμε μία από τις μεθοδολογίες υπολογισμού του κινδύνου με το υπόδειγμα VaR που αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Όπως αναφέραμε και νωρίτερα τα υποδείγματα VaR βασίζονται σε στατιστικές κατανομές. Η δεσμευμένη κατανομή των αποδόσεων και η εκτίμηση της τυπικής απόκλισης παίζουν καθοριστικό ρόλο στην εκτίμηση του VaR, αν λάβουμε υπόψη μας ότι ο υπολογισμός του VaR απαιτεί την εκτίμηση του ποσοστημορίου (quantile) της κατανομής των αποδόσεων, δηλαδή το ποσοστιαίο σημείο $p\%$ (percentile) της κατανομής των αποδόσεων. Για αυτό το λόγο, η σωστή πρόβλεψη της διακύμανσης καθορίζει πόσο ακριβείς θα είναι εκτιμήσεις του VaR.

Η μεθοδολογία την οποία θα αναλύσουμε ονομάζεται GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) και αποτελεί μία γενίκευση της μεθόδου ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity). Ένα αυτοπαλινδρομούμενο μοντέλο με δεσμευμένη ετεροσκεδαστικότητα (ARCH)⁷⁹ είναι ένα μοντέλο ανάλυσης χρονοσειρών που μοντελοποιεί τη διακύμανση του διαταρακτικού όρου (τρέχοντος σφάλματος) ως συνάρτηση των τετραγώνων των διαταρακτικών όρων προηγούμενων χρονικών περιόδων.

Στη συνέχεια, το μοντέλο επεκτάθηκε από τον Bollerslev και επέτρεψε στην υπό συνθήκη διακύμανση να έχει τη μορφή μίας διαδικασίας ARMA (Autoregressive Moving Average), με αποτέλεσμα το μοντέλο GARCH(p,q), το οποίο αναλύεται αμέσως παρακάτω.

Έστω μία χρηματοοικονομική χρονοσειρά $[Y_t]_{t=1}^T$:

$$y_t = E(y_t | \Phi_{t-1}) + \varepsilon_t$$

Όπου,

$E(y_t | \Phi_{t-1})$: είναι η δεσμευμένη μέση τιμή της Y_t ,

ε_t : είναι τα σφάλματα, και

⁷⁹ Engle R.F. (1982). Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of U.K. Inflation, *Econometrica*, 50, 987 – 1008

Φ_{t-1} : είναι η πληροφορία (*information set*) μέχρι τη χρονική στιγμή $t-1$.

Ο υπό συνθήκη μέσος υπολογίζεται ως μία αυτοπαλινδρομούμενη διαδικασία κ-οστής τάξης AR(k), σύμφωνα με τον τύπο:

$$E(y_t | \Phi_{t-1}) = c_0 + \sum_{i=1}^k c_i y_{t-i}$$

Για τα σφάλματα υποθέτουμε ότι

$$\varepsilon_t = \sigma_t z_t$$

με z_t μία σειρά Τυχαίων Μεταβλητών που κατανέμονται κανονικά με μηδενική μέση τιμή και διασπορά ίση με τη μονάδα. Η σειρά αυτή των τυχαίων μεταβλητών ονομάζεται λευκός θόρυβος (*white noise*). Έτσι καταλήγουμε ότι,

$$\varepsilon_t | \Phi_{t-1} \sim N(0, \sigma_t^2)$$

όπου σ_t η υπό-συνθήκη τυπική απόκλιση των σφαλμάτων.

Η μοντελοποίηση της διασποράς των σφαλμάτων, σύμφωνα με τον Bollerslev, δίνεται από τον τύπο⁸⁰:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p b_j \sigma_{t-j}^2$$

όπου $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$ για $i=1, \dots, q$ και $b_{k=j} \geq 0$ για $j=1, \dots, p$.

Για να είναι η μη-δεσμευμένη διακύμανση $\sigma^2 = \alpha_0 / (1 - \sum_{i=1}^q \alpha_i - \sum_{j=1}^p b_j)$ μία στάσιμη διαδικασία⁸¹, από τη ροπή δεύτερης τάξης ισχύει ο περιορισμός:

$$\sum_{i=1}^q \alpha_i + \sum_{j=1}^p b_j < 1$$

Τα παραπάνω συνοψίζουν τη γενική θεωρητική μορφή της μεθόδου GARCH(p,q) που θα χρησιμοποιήσουμε στη συνέχεια του κεφαλαίου για τον υπολογισμό της VaR.

80 Εσερίδου Κ., (2010), "Εκτίμηση του Value at Risk", Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

81 Κουγιουμτζής Δ. (2017), "Χρονοσειρές", Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Εκτίμηση VaR

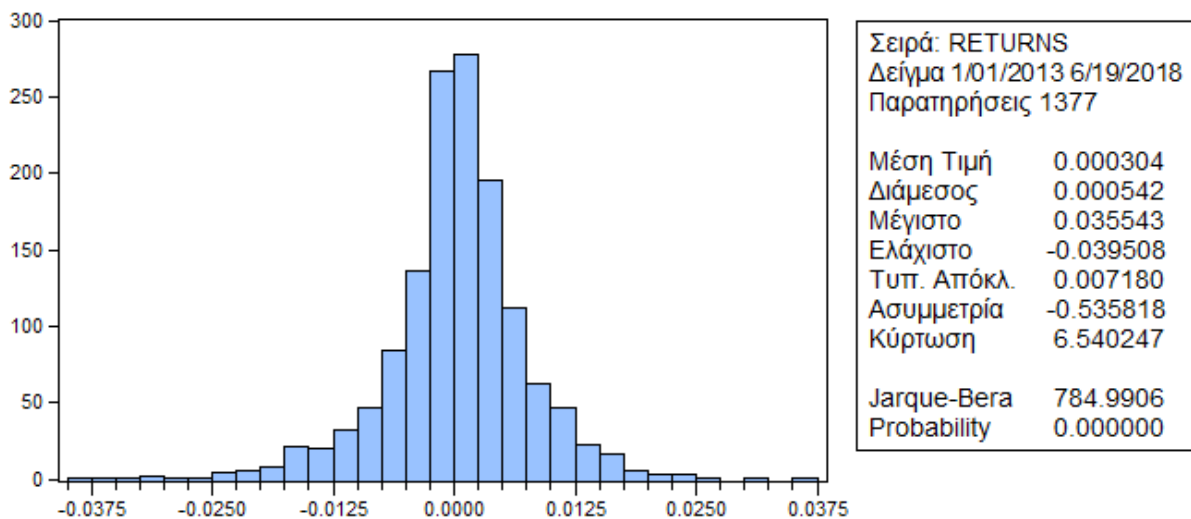
Στο σημείο αυτό θα επιχειρήσουμε να υπολογίσουμε το VaR για το δείκτη S&P500, ο οποίος υπολογίζεται από τις πεντακόσιες (500) μεγαλύτερες επιχειρήσεις των Ηνωμένων Πολιτειών, οι μετοχές των οποίων ανταλλάσσονται δημόσια⁸². Αρχικά, θα πραγματοποιήσουμε μία περιγραφική μελέτη των δεδομένων μας.

Περιγραφή Δεδομένων

Το δείγμα μας αποτελείται από τις ημερήσιες αποδόσεις του δείκτη S&P 500 για την περίοδο από 1/1/2013 έως και 19/6/2018. Οι αποδόσεις υπολογίστηκαν από τα δημόσια στοιχεία για την ημερήσια τιμή κλεισίματος του δείκτη P_t σε κάθε χρονική στιγμή t της περιόδου, με τη χρήση του τύπου

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

Στον Πίνακα 5.1 που ακολουθεί μπορούμε να δούμε το Ιστόγραμμα και μερικά από τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των ημερήσιων αποδόσεων του δείκτη S&P 500.



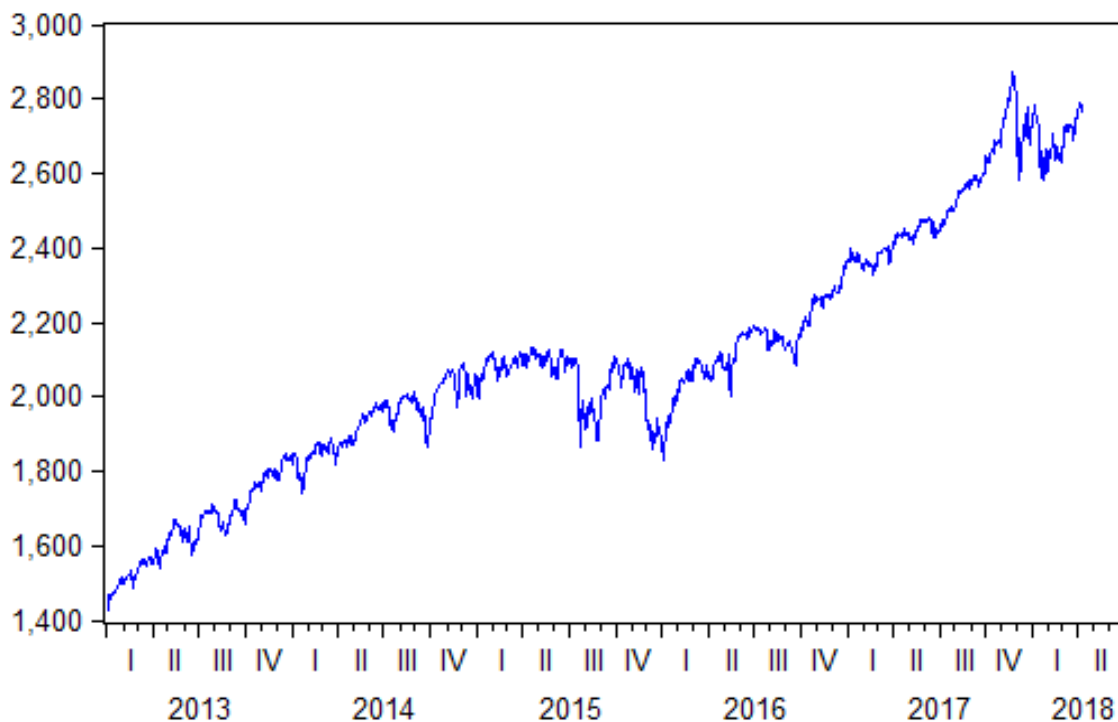
Πίνακας 5.1

Από τον Πίνακα 5.1 παρατηρούμε ότι η μέση τιμή των αποδόσεων είναι 0.000304 και η διάμεσος 0.000542. Η μέγιστη τιμή εντοπίζεται στο 0.035543 και η ελάχιστη στο -0.039508. Η ασυμμετρία (skewness) είναι κοντά στο 0 που είναι και η ασυμμετρία της κανονικής κατανομής. Η κύρτωση είναι αρκετά μεγαλύτερη από την κρίσιμη τιμή του 3, που είναι η τιμή της κύρτωσης για την κανονική

82 <https://www.investopedia.com/terms/s/sp500.asp>

κατανομή. Σύμφωνα με τα παραπάνω, πραγματοποιούμε το στατιστικό έλεγχο κανονικότητας Jarque-Bera, ο οποίος πρακτικά συγκρίνει την ασυμμετρία και την κύρτωση του δείγματος με αυτά της κανονικής κατανομής. Η μηδενική υπόθεση είναι ότι το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή, με εναλλακτική ότι δεν ακολουθεί. Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι σε επίπεδο εμπιστοσύνης 5% η τιμή p-value είναι 0, δηλαδή αρκετά μικρότερη από 5% που είναι το επίπεδο εμπιστοσύνης, και άρα απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση ότι το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή, το οποίο ήταν αναμενόμενο.

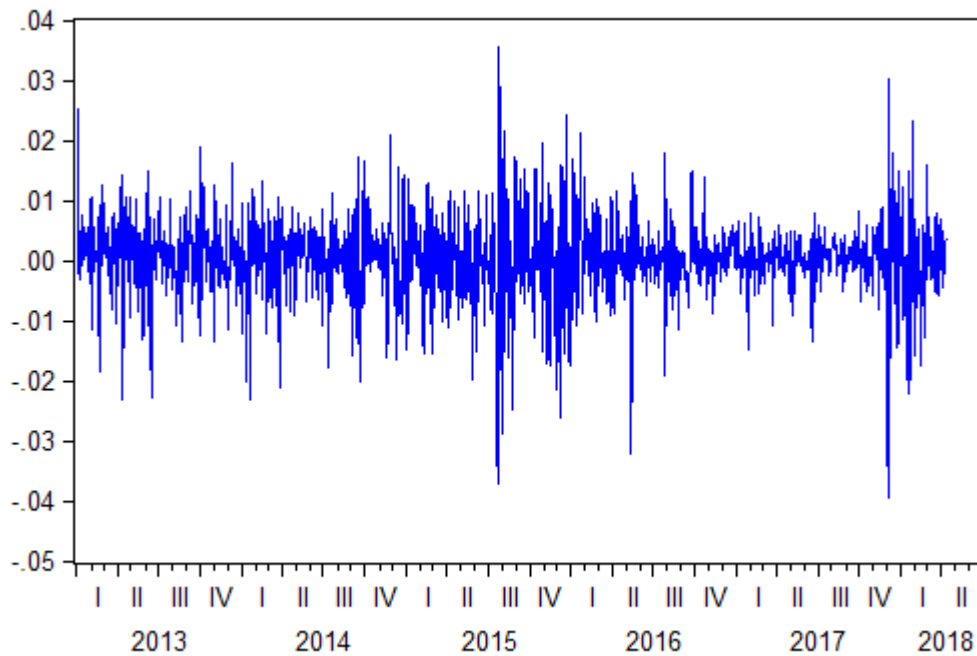
Στο Σχήμα 5.1 παρατηρούμε πως κυμαίνονται οι τιμές του δείκτη S&P 500 στην πάροδο του χρόνου για την περίοδο που μελετάμε.



Σχήμα 5.1

Ο λόγος που επιλέξαμε τη συγκεκριμένη περίοδο φαίνεται στο παραπάνω γράφημα, καθώς η συγκεκριμένη περίοδος συμπίπτει με τη σταθεροποίηση της αμερικανικής οικονομίας μετά την ισχυρή οικονομική κρίση. Εκτός από μερικές περιόδους χαμηλής πτώσης κυρίως το έτος 2015, ο δείκτης βρίσκεται σε συνεχή ανοδική πορεία.

Στο Σχήμα 5.2 που ακολουθεί βλέπουμε πως κυμαίνονται οι αποδόσεις της σειράς στο χρόνο.



Σχήμα 5.2

Στο παραπάνω γράφημα είναι σχετικά εμφανές το φαινόμενο του volatility clustering, όπου δηλαδή “μεγάλες αλλαγές (στην τιμή) τείνουν να ακολουθούνται από μεγάλες αλλαγές και μικρές αλλαγές (στην τιμή) τείνουν να ακολουθούνται από μικρές αλλαγές”⁸³. Το χαρακτηριστικό αυτό παρατηρείται πολύ συχνά στις κατανομές των αποδόσεων των χρηματοοικονομικών σειρών και είναι ένας από τους λόγους που οδήγησε στη μοντελοποίηση της διακύμανσης. Η μοντελοποίηση της διακύμανσης μπορεί να γίνει με μια σειρά από υποδείγματα, από τα οποία εμείς θα ασχοληθούμε συγκεκριμένα με ένα υπόδειγμα GARCH.

Πριν εφαρμόσουμε το μοντέλο GARCH πρέπει να καθορίσουμε τις παραμέτρους p και q . Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε το Κορρελόγραμμα των αποδόσεων (Correlogram), το οποίο μας εμφανίζει την αυτοσυσχέτιση και τη μερική αυτοσυσχέτιση μεταξύ των όρων της σειράς με την αντίστοιχη υστέρηση (lag).

83 Mandelbrot B., (1963), “The Variation of Certain Speculative Prices”, The Journal of Business 36, No. 4, σελ. 394-419

	Autocorrelation	Partial Autocorrelation	P-value
1	-0.015	-0.015	0.572
2	-0.052	-0.053	0.128
3	0.03	0.028	0.148
4	-0.052	-0.054	0.06
5	-0.023	-0.022	0.081
6	0.014	0.007	0.121
7	0.008	0.009	0.178
8	-0.012	-0.012	0.239
9	-0.053	-0.056	0.114
10	-0.01	-0.013	0.156
11	0.005	0.001	0.21
12	0.02	0.021	0.242
13	0.004	-0.001	0.306
14	-0.018	-0.02	0.345
15	-0.081	-0.083	0.054
16	0.02	0.019	0.065
17	0.059	0.053	0.026
18	0.012	0.015	0.035
19	-0.036	-0.043	0.031
20	0.027	0.023	0.033
21	0.045	0.054	0.022
22	-0.019	-0.007	0.028
23	0.007	0	0.037
24	0.027	0.013	0.039
25	-0.031	-0.021	0.038
26	-0.009	0.001	0.049
27	0.001	0.001	0.064
28	-0.062	-0.065	0.026
29	-0.009	-0.017	0.033
30	-0.003	-0.012	0.043
31	-0.038	-0.029	0.036
32	-0.029	-0.03	0.036
33	0.016	0.005	0.043
34	0.025	0.015	0.046
35	-0.025	-0.021	0.049
36	0.028	0.033	0.05

Πίνακας 5.2

Η τιμή p-value που αναγράφεται στον Πίνακα 5.2, αναφέρεται στον έλεγχο υποθέσεων που πραγματοποιείται, ο οποίος έχει ως μηδενική υπόθεση ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης να είναι ίσος με 0 για την αντίστοιχη χρονική υστέρηση (lag), έναντι της εναλλακτικής όπου ο συντελεστής είναι διάφορος του μηδενός και άρα στατιστικά σημαντικός. Στο σημείο αυτό παρατηρούμε ότι για τις 16 πρώτες

χρονικές υστερήσεις η τιμή p-value είναι υψηλότερη από το 5% διάστημα εμπιστοσύνης και άρα δεν έχουμε αρκετά στοιχεία για να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση, ότι δηλαδή ο συντελεστής είναι μηδενικός. Το ίδιο όμως δεν ισχύει για τις τελευταίες 20, γεγονός που μας προβληματίζει όσον αφορά τη μοντελοποίηση του μέσου. Έτσι, αρχικά θα υπολογίζουμε το μοντέλο GARCH(1,1)-Normal και στη συνέχεια το GARCH(1,1)-Normal με ARMA(1).

GARCH(1,1)-Normal με σταθερό μέσο

Στο σημείο αυτό θα χρησιμοποιήσουμε την πιο απλή εκδοχή του μοντέλου GARCH, το GARCH(1,1)-Normal, όπου ο μέσος είναι σταθερός, τα υπό-συνθήκη σφάλματα ακολουθούν κανονική κατανομή και η διακύμανσή τους μοντελοποιείται με βάση το υπόδειγμα GARCH(1,1). Συγκεκριμένα,

$$r_t = c + \varepsilon_t$$

όπου $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2)$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + b_1 \sigma_{t-1}^2$$

με r_t τη σειρά των ημερήσιων αποδόσεων, c τη σταθερά του μέσου, ε_t τα σφάλματα που είναι ο στοχαστικός όρος που ακολουθεί κανονική κατανομή με μέση τιμή μηδέν(0) και δεσμευμένη διακύμανση σ_t^2 . Άρα οι παράμετροι που θα εκτιμηθούν είναι οι c , α_0 , α_1 και b_1 . Οι περιορισμοί που πρέπει να ικανοποιούνται είναι θετική η διακύμανση είναι $\alpha_0 > 0$, $\alpha_1 \geq 0$, $b_1 \geq 0$ και ο περιορισμός που πρέπει να ικανοποιείται για να είναι στάσιμη η διακύμανση $\alpha_1 + b_1 < 1$.

Συντελεστής	Εκτίμηση	Τυπικό Σφάλμα	Πιθανότητα
C	0.000461	0.000152	0.0025
Εξίσωση Διακύμανσης			
α_0	3.58E-06	4.41E-07	0.0000
α_1	0.230652	0.021341	0.0000
b_1	0.708486	0.023131	0.0000
R-squared	-0.000477	Sum squared resid	0.070973
Adjusted R-squared	-0.000477	Log likelihood	5034413
S.E. of regression	0.007182	Durbin-Watson stat	2.025432

Πίνακας 5.3

Στον Πίνακα 5.3 φαίνονται τα αποτελέσματα της μεθόδου για τους παραπάνω συντελεστές. Συγκεκριμένα, η εκτίμηση της σταθεράς του μέσου είναι 0.000461, η εκτίμηση της σταθεράς της διακύμανσης είναι 0.00000358 και οι εκτιμήσεις των α_1 και b_1 είναι 0.230652 και 0.708486 αντίστοιχα.

Παρατηρούμε ότι όλοι οι περιορισμοί που αναφέραμε πρωτύτερα ικανοποιούνται σχετικά με τις εκτιμήσεις και επίσης παρατηρούμε ότι η τιμή του ελέγχου Durbin-Watson είναι κοντά στο 2, που σημαίνει ότι δεν φαίνεται να υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης.

Το τελευταίο βήμα, αποτελεί τον έλεγχο της διαδικασίας μέσω της πραγματοποίησης διαγνωστικών ελέγχων για τα υπόλοιπα. Συγκεκριμένα, θα εξετάσουμε την αυτοσυσχέτιση στα υπόλοιπα, την αυτοσυσχέτιση στα τετράγωνα των υπολοίπων και την κανονικότητα των υπολοίπων.

	Autocorrelation	Partial Autocorrelation	P-value
1	-0.043	-0.043	0.112
2	0.002	0.001	0.283
3	0.027	0.027	0.32
4	-0.018	-0.015	0.414
5	-0.04	-0.041	0.296
6	0.022	0.018	0.344
7	0.003	0.006	0.453
8	-0.004	-0.002	0.559
9	-0.048	-0.051	0.353
10	0.016	0.011	0.413
11	0.005	0.009	0.498
12	-0.01	-0.007	0.572
13	-0.03	-0.034	0.548
14	-0.021	-0.027	0.578
15	-0.074	-0.073	0.171
16	0.029	0.025	0.171
17	0.058	0.06	0.078
18	0.004	0.008	0.103
19	-0.036	-0.041	0.09
20	0.027	0.017	0.094
21	0.019	0.028	0.109
22	-0.024	-0.019	0.118
23	0.011	0.001	0.144
24	0.003	-0.007	0.178
25	-0.045	-0.037	0.128
26	0.006	0.008	0.157
27	0.011	0.006	0.186
28	-0.04	-0.046	0.155
29	-0.011	-0.016	0.182
30	-0.021	-0.023	0.198
31	-0.013	-0.005	0.227
32	-0.04	-0.035	0.189
33	0.008	-0.002	0.221
34	0.036	0.027	0.197
35	-0.026	-0.017	0.202

Πίνακας 5.4

Εξετάζοντας τον Πίνακα 5.4 που αποτελεί το Κορρελόγραμμα των υπολοίπων, παρατηρούμε ότι η τιμή p-value είναι αρκετά μεγαλύτερη από το επίπεδο εμπιστοσύνης 5% σε όλα τις χρονικές υστερήσεις που δοκιμάσαμε και άρα δεν φαίνεται να υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης των υπολοίπων.

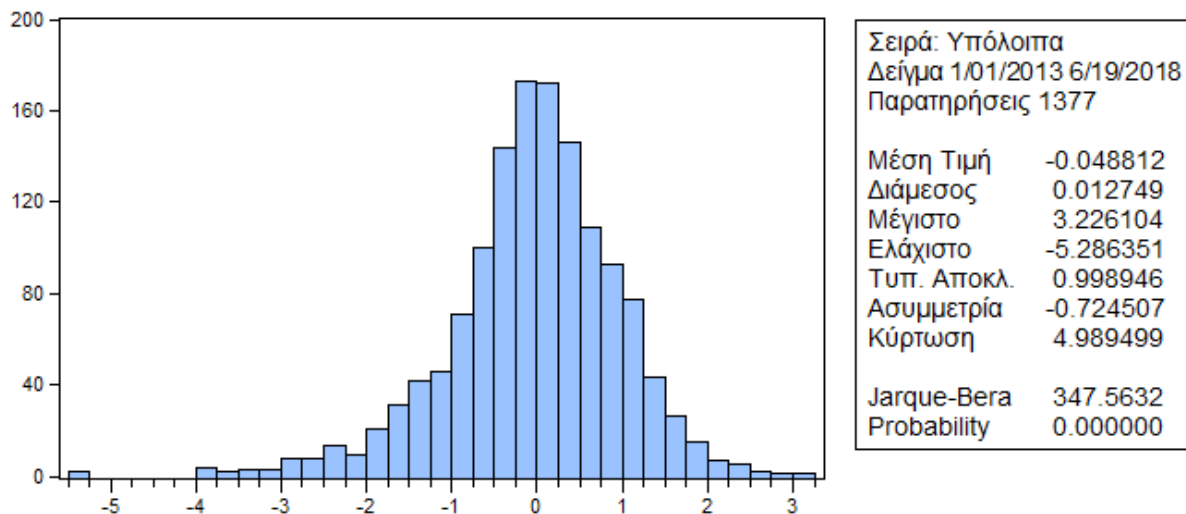
	Autocorrelation	Partial Autocorrelation	P-value
1	0.033	0.033	0.226
2	-0.007	-0.008	0.467
3	-0.013	-0.013	0.621
4	0.007	0.008	0.765
5	-0.023	-0.024	0.766
6	-0.002	-0	0.86
7	-0.029	-0.029	0.808
8	0.017	0.018	0.845
9	-0.001	-0.003	0.902
10	0	-0.001	0.941
11	-0.017	-0.016	0.952
12	-0.026	-0.027	0.939
13	-0.016	-0.014	0.951
14	0.014	0.013	0.963
15	-0.032	-0.033	0.939
16	0.016	0.017	0.951
17	0.005	0.003	0.967
18	-0.014	-0.017	0.975
19	-0.014	-0.012	0.981
20	0	-0.001	0.988
21	0.027	0.028	0.985
22	0.01	0.006	0.989
23	-0.016	-0.015	0.991
24	0.022	0.022	0.991
25	-0.001	-0.004	0.994
26	0.006	0.007	0.996
27	0.009	0.009	0.998
28	-0.018	-0.018	0.998
29	0.014	0.017	0.998
30	0.011	0.006	0.999
31	-0.025	-0.024	0.999
32	0.011	0.014	0.999
33	0.04	0.039	0.997
34	0.011	0.009	0.998
35	-0.002	-0.002	0.999
36	-0.001	0.002	0.999

Πίνακας 5.5

Αντίστοιχα, στον Πίνακα 5.5 δεν φαίνεται να υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης των τετραγώνων των υπολοίπων, καθώς οι αντίστοιχες τιμές p-value είναι και αυτές αρκετά μεγαλύτερες από 5% που είναι το

διάστημα εμπιστοσύνης που εξετάζουμε. Άρα, δεν υπάρχει πρόβλημα ετεροσκεδαστικότητας.

Ο τελευταίος έλεγχος είναι ο έλεγχος κανονικότητας των σφαλμάτων, ο οποίος θα πραγματοποιηθεί μέσω του στατιστικού ελέγχου Jarque-Bera.



Πίνακας 5.6

Από τον Πίνακα 5.6 παρατηρούμε ότι έχουμε πρόβλημα με την κανονικότητα των υπολοίπων, καθώς η τιμή p-value του ελέγχου Jarque-Bera είναι ίση με μηδέν, πράγμα που σημαίνει ότι πρέπει να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση ότι δηλαδή τα υπόλοιπα ακολουθούν κανονική κατανομή, ανεξαρτήτως του διαστήματος εμπιστοσύνης που θα διαλέξουμε.

Το πρόβλημα της κανονικότητας των υπολοίπων προκύπτει από τη λανθασμένη υπόθεση ότι τα υπό-συνθήκη σφάλματα ακολουθούν κανονική κατανομή. Σύμφωνα με όσα αναλύσαμε παραπάνω, οι αποδόσεις των χρηματοοικονομικών σειρών δεν μπορούν να περιγραφούν από την κανονική κατανομή. Μία λύση σε αυτό το πρόβλημα θα ήταν να εξετάσουμε την περίπτωση όπου τα σφάλματα ακολουθούν Student-t κατανομή ή Generalised Error Distribution.

GARCH(1,1)-Normal με ARMA(1,1)

Στο συγκεκριμένο μοντέλο θεωρούμε ότι τα υπό-συνθήκη σφάλματα ακολουθούν και πάλι την κανονική κατανομή με μέση τιμή μηδέν(0) και διασπορά σ_t^2 και η εξίσωση της υπό-συνθήκης διακύμανσης έχει τη μορφή GARCH(1,1). Η μέθοδος διαφοροποιείται από την προηγούμενη μόνο στην εξίσωση του μέσου ο οποίος πλέον έχει έναν συντελεστή αυτοπαλινδρόμησης, εξαιτίας του γεγονότος ότι παρατηρήσαμε

αυτοσυσχέτιση στη σειρά των αποδόσεων για χρονική υστέρηση μεγαλύτερη από 16. Έτσι, το μοντέλο παίρνει τη μορφή,

$$r_t = c_1 + c_2(r_{t-1} - c_1) + c_3\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t = c' + \varphi r_{t-1} + c_3\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

όπου $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2)$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + b_1 \sigma_{t-1}^2,$$

με r_t τη σειρά των ημερήσιων αποδόσεων και ε_t τα σφάλματα που είναι ο στοχαστικός όρος που ακολουθεί κανονική κατανομή με μέση τιμή μηδέν(0) και δεσμευμένη διακύμανση σ_t^2 . Οι παράμετροι που θα εκτιμηθούν είναι οι $c_1, c_2, c_3, \alpha_0, \alpha_1$ και b_1 . Οι περιορισμοί που πρέπει να ικανοποιούνται για να είναι θετική η διακύμανση είναι οι $\alpha_0 > 0$, $\alpha_1 \geq 0$, $b_1 \geq 0$ και ο περιορισμός που πρέπει να ικανοποιείται για να είναι στάσιμη η διακύμανση $\alpha_1 + b_1 < 1$. Για τις εκτιμήσεις του μέσου, οι περιορισμοί αντίστοιχα είναι $|c_2| < 1$ για να είναι στάσιμη η σειρά και $|c_3| < 1$ για να είναι αντιστρέψιμη η σειρά.

Συντελεστής	Εκτίμηση	Τυπικό Σφάλμα	Πιθανότητα
C_1	0.000461	0.000372	0.2153
C_2	-0.023785	0.011157	0.0333
C_3	0.023785	0.00971	0.0143
Εξίσωση Διακύμανσης			
α_0	4.35E-37	3.74E-38	0.0000
α_1	0.150000	0.016961	0.0000
b_1	0.600000	0.039753	0.0000
R-squared	1.000000	Sum squared resid	2.45E-33
Adjusted R-squared	1.000000	Log likelihood	54740.23
S.E. of regression	1.34E-18	Durbin-Watson stat	1.634984

Πίνακας 5.7

Από τα αποτελέσματά μας αρχικά παρατηρούμε ότι ικανοποιούνται όλοι οι περιορισμοί, γεγονός που σημαίνει ότι δεν υπάρχει κάποιο πρόβλημα με την κατασκευή του μοντέλου και την καλή λειτουργία του. Παρατηρούμε ότι οι συντελεστές των όρων r_{t-1} και ε_{t-1} είναι αρκετά κοντά στο μηδέν με αποτέλεσμα να επηρεάζουν μεν, σε μικρό βαθμό δε τη διαμόρφωση του μέσου.

Στο επόμενο βήμα, θα προβούμε όπως και προηγουμένως στον έλεγχο της όλης διαδικασίας μέσω της πραγματοποίησης διαγνωστικών ελέγχων για τα υπόλοιπα. Συγκεκριμένα, θα εξετάσουμε την αυτοσυσχέτιση στα υπόλοιπα, την αυτοσυσχέτιση στα τετράγωνα των υπολοίπων και την κανονικότητά τους με τις μεθόδους που χρησιμοποιήσαμε και στο προηγούμενο υπόδειγμα.

Στον Πίνακα 5.8 παρουσιάζεται το Κορρελόγραμμα των υπολοίπων, όπου είναι φανερό ότι δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση στα υπόλοιπα, αφού η τιμή του p-value είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από το επίπεδο εμπιστοσύνης ($\alpha=5\%$), γεγονός που φανερώνει ότι οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης δεν είναι στατιστικά σημαντικοί. Άρα δεν έχουμε αυτοσυσχέτιση στα υπόλοιπα.

	Autocorrelation	Partial Autocorrelation	P-value
1	-0.002	-0.002	0.932
2	0.003	0.003	0.989
3	0.06	0.06	0.177
4	-0.008	-0.008	0.286
5	-0.006	-0.006	0.409
6	0.023	0.019	0.448
7	0.007	0.008	0.557
8	0.019	0.02	0.608
9	-0.025	-0.028	0.612
10	0.01	0.009	0.69
11	0.036	0.035	0.603
12	0.015	0.018	0.658
13	0.007	0.005	0.727
14	-0.006	-0.011	0.788
15	-0.024	-0.025	0.791
16	0.018	0.018	0.814
17	0.064	0.065	0.484
18	-0.032	-0.032	0.456
19	-0.024	-0.029	0.471
20	0.049	0.044	0.331
21	0.066	0.074	0.133
22	-0.003	-0.001	0.167
23	-0.022	-0.035	0.183
24	0.037	0.027	0.159
25	-0.028	-0.023	0.16
26	0.001	0.01	0.196
27	-0.01	-0.02	0.23
28	-0.043	-0.051	0.179
29	-0.022	-0.022	0.193
30	-0.031	-0.024	0.185
31	-0.022	-0.016	0.197
32	-0.004	-0.01	0.233
33	0.005	0.003	0.27
34	0.024	0.025	0.28
35	-0.033	-0.022	0.265

Πίνακας 5.8

Αντίστοιχα, στον Πίνακα 5.9 που ακολουθεί, δεν φαίνεται να υπάρχει πρόβλημα αυτοσυσχέτισης των τετραγώνων των υπολοίπων, καθώς οι αντίστοιχες τιμές p-value είναι και αυτές αρκετά μεγαλύτερες

από 5% που είναι το διάστημα εμπιστοσύνης που εξετάζουμε. Άρα, δεν υπάρχει ούτε πρόβλημα ετεροσκεδαστικότητας.

Ο τελευταίος έλεγχος είναι ο έλεγχος κανονικότητας των σφαλμάτων, ο οποίος θα πραγματοποιηθεί μέσω του στατιστικού ελέγχου Jarque-Bera.

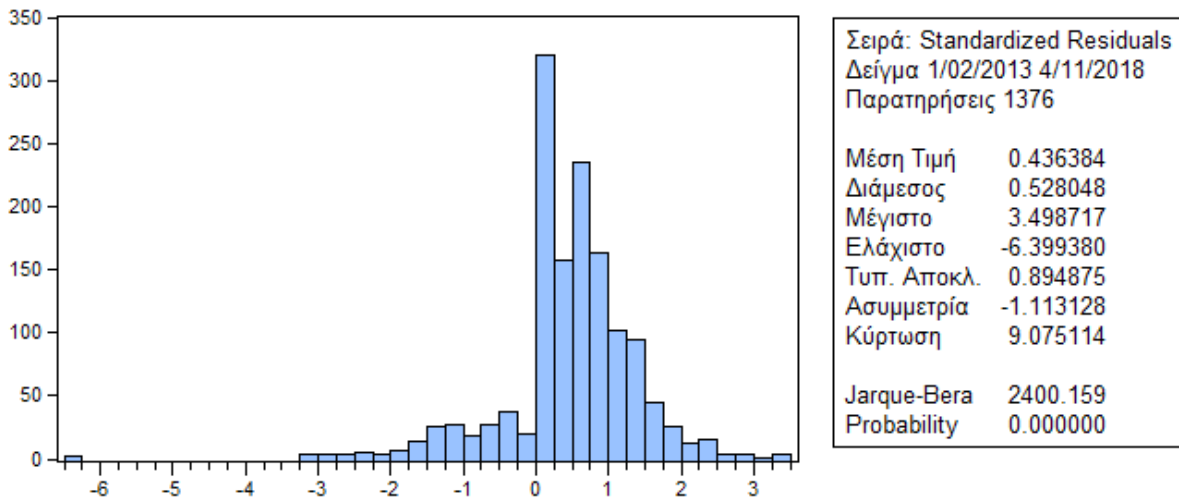
	Autocorrelation	Partial Autocorrelation	P-value
1	0.019	0.019	0.488
2	-0.008	-0.009	0.75
3	0.027	0.027	0.663
4	0.027	0.026	0.633
5	-0.005	-0.005	0.762
6	0.033	0.033	0.663
7	0.005	0.002	0.765
8	0.025	0.025	0.761
9	0.005	0.003	0.834
10	0.065	0.064	0.366
11	0.023	0.02	0.391
12	-0.01	-0.012	0.463
13	0.052	0.05	0.275
14	-0.027	-0.035	0.281
15	0.005	0.007	0.344
16	0.014	0.007	0.394
17	0.017	0.014	0.437
18	0.022	0.021	0.461
19	0.05	0.044	0.313
20	-0.015	-0.019	0.354
21	0.034	0.029	0.325
22	0.019	0.016	0.354
23	0.007	-0.001	0.407
24	-0.012	-0.012	0.453
25	0.066	0.063	0.216
26	-0.002	-0.01	0.258
27	0.015	0.015	0.289
28	-0.011	-0.019	0.329
29	0.058	0.048	0.191
30	0.03	0.028	0.186
31	-0.023	-0.031	0.197
32	0.076	0.071	0.057
33	0.058	0.052	0.027
34	-0.001	-0.003	0.035
35	0.006	-0.006	0.045

Πίνακας 5.9

Στον έλεγχο κανονικότητας των υπολοίπων του Πίνακα **5.10**, παρατηρούμε για ακόμη μία φορά ότι υπάρχει πρόβλημα κανονικότητας που έχει να κάνει με τα δομικά χαρακτηριστικά των οικονομικών

χρονοσειρών που δεν επεξηγούνται ικανοποιητικά από την κανονική κατανομή.

Σε αυτό το σημείο, έχουμε όλα τα απαραίτητα στοιχεία για να υπολογίσουμε το VaR για την επόμενη μέρα για το δείκτη S&P 500. Συγκεκριμένα, θα υπολογίσουμε δύο VaR, ένα χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα του υποδείγματος GARCH(1,1)-Normal και ένα χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα του υποδείγματος GARCH(1,1)-Normal με ARMA(1,1).



Πίνακας 5.10

Ολοκληρώνοντας την παρουσίαση των δύο μοντέλων, μπορούμε να πραγματοποιήσουμε και μία τυπική σύγκριση των δύο χρησιμοποιώντας δύο κριτήρια. Συγκεκριμένα, επιλέγουμε να χρησιμοποιήσουμε τα κριτήρια Akaike Information Criterion (AIC) και Schwarz Bayesian Criterion (SBC). Προτιμότερο θεωρείται το μοντέλο που έχει τη μικρότερη τιμή για στα δύο αυτά κριτήρια⁸⁴.

	AIC	SBC
GARCH(1,1)	-7.306336	-7.291151
GARCH(1,1)- ARMA(1,1)	-79.554700	-79.532680

Πίνακας 5.11

Από ότι παρατηρούμε από τον Πίνακα 5.11, το μοντέλο GARCH(1,1)-Normal με ARMA(1,1) παρουσιάζει πολύ χαμηλότερες τιμές από το πρώτο και άρα θα το προτιμούσαμε χρησιμοποιώντας αυτά τα δύο

84 Εσερίδου Κ., (2010), "Εκτίμηση του Value at Risk", Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

κριτήρια.

Εκτίμηση του VaR

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, θα προσπαθήσουμε τώρα να εκτιμήσουμε το VaR για την επόμενη μέρα (one-step ahead VaR) για τις αποδόσεις του δείκτη S&P 500. Το VaR αυτό υπολογίζεται από τη σχέση:

$$VaR_{T+1} = \mu_{T+1} + z_{\alpha/2} \sigma_{T+1} \quad \mathbf{1.1}$$

όπου μ_{T+1} είναι η πρόβλεψη του μέσου όρου της σειράς για την επόμενη μέρα, z_α είναι το αριστερό σημείο της κανονικής κατανομής μέχρι το οποίο υπάρχει εμβαδόν α , με α το επιλεγμένο επίπεδο εμπιστοσύνης. Τα επίπεδα εμπιστοσύνης που θα εξετάσουμε είναι τα $\alpha=5\%$ και $\alpha'=1\%$ και για τα δύο υποδείγματα. Το σ_{T+1} είναι η πρόβλεψη της τυπικής απόκλισης για την επόμενη μέρα.

Εκτίμηση του VaR με το μοντέλο GARCH(1,1)-Normal με σταθερό μέσο

Σε αυτή την περίπτωση δεν θα προβλέψουμε το μέσο, αφού είναι σταθερός, αλλά θα προβλέψουμε τη διακύμανση. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 και την εξίσωση (1.1) η πρόβλεψη της διακύμανσης για την επόμενη ημέρα είναι:

$$\sigma_{t+1}^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_t^2 + b_1 \sigma_t^2$$

Η εκτίμηση για τις τιμές ε_t και σ_t για την τελευταία ημέρα της περιόδου είναι $\varepsilon_t^2 = (0.003369)^2 = 0.00001136$ και $\sigma_t^2 = 0.0000175$, ενώ από τον Πίνακα 3 οι τιμές των α_0 , α_1 και b_1 είναι αντίστοιχα $\alpha_0 = 0.00000358$, $\alpha_1 = 0.230652$ και $b_1 = 0.708486$. Άρα,

$$\sigma_{t+1}^2 = 0.0000186$$

$$\sigma_{t+1} = \sqrt{\sigma_{t+1}^2} = 0.0043$$

$$\text{και } \mu_{t+1} = 0.000461$$

Το $z_{\alpha/2}$ σε διάστημα εμπιστοσύνης 5% είναι 1.645 και σε διάστημα εμπιστοσύνης 99% ισούται με 2.33.

Άρα το VaR για $\alpha=95\%$ υπολογίζεται:

$$VaR_{t+1} = \mu_{t+1} + z_\alpha \sigma_{t+1} = 0.0075$$

Και το VaR για $\alpha=99\%$ υπολογίζεται

$$VaR_{t+1} = \mu_{t+1} + z_{\alpha} \cdot \sigma_{t+1} = 0.01048$$

Εκτίμηση του VaR με το μοντέλο GARCH(1,1)-Normal με ARMA(1,1)

Σε αυτή την περίπτωση θα εκτιμήσουμε το μέσο για την επόμενη μέρα μ_{t+1} και τη διακύμανση σ_{t+1}^2 . Συγκεκριμένα, ο μέσος δίνεται από την εξίσωση

$$\mu_{t+1} = r_{t+1} = c' + \phi r_t + c_3 \varepsilon_t = c_1 + c_2(r_t - c_1) + c_3 \varepsilon_t$$

όπου από τον Πίνακα 7 οι εκτιμήσεις για τα c_1 , c_2 και c_3 είναι αντίστοιχα $c_1 = 0.000461$, $c_2 = -0.023785$ και $c_3 = 0.023785$, ενώ η τιμή του r_t για την τελευταία ημέρα του δείγματος είναι $r_t = 0.00383$ και το υπόλοιπο για την τελευταία ημέρα του δείγματος ε_t είναι $\varepsilon_t = 8.67 \cdot 10^{-19}$. Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, η εκτίμηση για το μέσο τη επόμενης ημέρας είναι

$$\mu_{t+1} = 0.00038$$

Η διακύμανση δίνεται από τον τύπο

$$\sigma_{t+1}^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_t^2 + b_1 \sigma_t^2$$

όπου η εκτίμηση για την τιμή σ_t για την τελευταία ημέρα της περιόδου υπολογίζεται σε $\sigma_t^2 = 1.22 \cdot 10^{-36}$, ενώ από τον Πίνακα 7 οι τιμές των α_0 , α_1 και b_1 είναι αντίστοιχα $\alpha_0 = 4.35 \cdot 10^{-37}$, $\alpha_1 = 0.15$ και $b_1 = 0.6$. Άρα,

$$\sigma_{t+1}^2 = 1.28 \cdot 10^{-36}$$

$$\text{και } \sigma_{t+1} = \sqrt{\sigma_{t+1}^2} = 1.13 \cdot 10^{-18}$$

Το z_{α} σε διάστημα εμπιστοσύνης 5% είναι 1.645 και σε διάστημα εμπιστοσύνης 99% ισούται με 2.33.

Άρα το VaR για $\alpha=95\%$ υπολογίζεται:

$$VaR_{t+1} = \mu_{t+1} + z_{\alpha} \sigma_{t+1} = 0.00038$$

Και το VaR για $\alpha=99\%$ υπολογίζεται

$$VaR_{t+1} = \mu_{t+1} + z_{\alpha} \cdot \sigma_{t+1} = 0.00038$$

Επίλογος

Στην εμπειρική ανάλυση προσπαθήσαμε να εκτιμήσουμε το VaR εφαρμόζοντας μία παραμετρική μέθοδο υπολογισμού. Έτσι πραγματοποιήσαμε μία εκτίμηση του μέσου και της διακύμανσης της σειράς των αποδόσεων για να υπολογίσουμε το VaR από τη σχέση (1.1) που δίνεται παραπάνω.

Αρχικά πραγματοποιήσαμε μία ποιοτική ανάλυση για τα χαρακτηριστικά των αποδόσεων της σειράς S&P 500. Παρατηρήσαμε το φαινόμενο των παχιών ουρών της κατανομής των αποδόσεων που χαρακτηρίζει σχεδόν όλες τις χρηματοοικονομικές σειρές και αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα στη σωστή εκτίμηση του VaR.

Στη συνέχεια, παρατηρούμε ότι τα μοντέλα GARCH-Normal με σταθερό μέσο και GARCH-Normal με ARMA(1,1) στερούνται αυτοσυσχέτισης και ετεροσκεδαστικότητας στα κατάλοιπα των αποδόσεων, αλλά εμφανίζουν πρόβλημα στην κανονικότητα των αποδόσεων. Θα λέγαμε ότι αυτή η διαπίστωση είναι αναμενόμενη, αφού η χρηματοοικονομική σειρά εμφανίζει το φαινόμενο των παχιών ουρών, δηλαδή εμφανίζονται αποδόσεις στην ουρά της κατανομής με μεγαλύτερη πιθανότητα από αυτή της κανονικής κατανομής. Μία λύση σε αυτό το πρόβλημα θα ήταν να θεωρήσουμε μία διαφορετική κατανομή για τα υπόλοιπα, όπως τη Student-t.

Εφόσον εκτιμήσαμε το VaR παραβλέποντας τη μη-κανονικότητα των αποδόσεων, τα νούμερα στα οποία καταλήξαμε δεν αντιπροσωπεύουν με ακρίβεια τον πραγματικό κίνδυνο. Σύμφωνα με την εμπειρική ανάλυση των Angelidis, Benos, Degiannakis (2004) η υπόθεση της κανονικότητας παράγει πολύ αδύναμα αποτελέσματα, αφού η πλειοψηφία των μοντέλων ανεξάρτητα από το επιλεγόμενο μέγεθος του δείγματος υποεκτιμά την πραγματική τιμή του VaR για την επόμενη ημέρα σε 95% διάστημα εμπιστοσύνης.

Η λανθασμένη εκτίμηση του VaR έχει σημαντικές επιπτώσεις στους χρηματοοικονομικούς οργανισμούς, κυρίως στον προσδιορισμό της κεφαλαιακής επάρκειας των τραπεζών. Μια υποεκτίμηση του VaR οδηγεί σε διαφύλαξη μικρότερου ποσού κεφαλαίου απ' ό,τι θα έπρεπε, ενώ μια υπερεκτίμηση οδηγεί σε διαφύλαξη μεγαλύτερου κεφαλαίου. Στην πρώτη περίπτωση οι χρηματοοικονομικοί οργανισμοί δεν ασφαλίζονται επαρκώς έναντι του αγοραίου κινδύνου, ενώ στη δεύτερη περίπτωση οι χρηματοοικονομικοί οργανισμοί ακολουθούν μια συντηρητική στάση, αφού το μεγαλύτερο ποσό κεφαλαίου που διαφυλάσσουν τους εμποδίζει να αναπτυχθούν. Θα πρέπει, λοιπόν, να υπολογίζουμε το VaR λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά των κατανομών και εφαρμόζοντας μοντέλα που μπορούν να τα συλλάβουν.

Καταλήγουμε, λοιπόν, στο συμπέρασμα ότι θα πρέπει να εφαρμόσουμε το Value at Risk σωστά για να αποτελέσει ένα ασφαλές μέτρο κινδύνου.

5.2 Διαχείριση κινδύνου εταιρειών του δείκτη S&P 500: Υπόδειγμα CreditMetrics

Στο κεφάλαιο αυτό θα πραγματοποιηθεί μία εφαρμογή ενός υποδείγματος διαχείρισης πιστωτικού κινδύνου από αυτά που έχουν αναφερθεί στην παρούσα εργασία και συγκεκριμένα της μεθόδου CreditMetrics. Όπως έχει αναφερθεί και στο αντίστοιχο κεφάλαιο, η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί μία μέθοδο υπολογισμού VaR για ένα χαρτοφυλάκιο αξιογράφων. Έτσι, θα μελετήσουμε στο συγκεκριμένο παράδειγμα δύο θεωρητικά χαρτοφυλάκια τριών μετοχών, ένα του δείκτη S&P 500 της Αμερικής και θα υπολογίσουμε δύο μέτρα VaR για το καθένα, ένα για διάστημα εμπιστοσύνης 95% και ένα για διάστημα εμπιστοσύνης 99%. Η μέθοδος υλοποιήθηκε με το πακέτο CreditMetrics στην R.

Σε κάθε ένα από τα δύο χαρτοφυλάκια που θα εξετάσουμε, θεωρούμε ότι η εμφάνιση ζημιών προκαλείται από κάποια αλλαγή στην χρηματοπιστωτική ικανότητα, και άρα στην κλάση αξιολόγησης, της εταιρείας στην οποία έχει πραγματοποιηθεί η επένδυση ή από αδυναμία αποπληρωμής των χρεών αυτής. Για τον σκοπό της μελέτης αυτής, το πρώτο χαρτοφυλάκιο θα αποτελείται από τρεις εταιρείες που βρίσκονται στην ίδια κλάση αξιολόγησης AA και το δεύτερο θα αποτελείται από τρεις εταιρείες που βρίσκονται σε τρεις διαφορετικές κλάσεις αξιολόγησης. Η επένδυση και στα δύο χαρτοφυλάκια θεωρούμε ότι ανέρχεται σε 300.000 ευρώ, χωρισμένα σε τρία ίσα μέρη των 100.000 ευρώ επενδεδυμένα στην κάθε εταιρεία. Τέλος, υποθέτουμε ότι ο επενδυτής έχει με κάποιο τρόπο εξασφαλίσει ότι σε περίπτωση που η εκάστοτε εταιρεία καταλήξει σε αδυναμία αποπληρωμής των οικονομικών της υποχρεώσεων, ο ίδιος θα χάσει μόνο το 20% των χρημάτων που επένδυσε σε μετοχές αυτής. Αυτό επιτυγχάνεται, όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, είτε ασφαλίζοντας το χαρτοφυλάκιο αυτό για την περίπτωση εμφάνιση τέτοιων γεγονότων, είτε δημιουργώντας ένα χαρτοφυλάκιο αντιστάθμισης του κινδύνου, είτε με την αγορά παραγώγων χρηματοοικονομικών προϊόντων κλπ.

Τα παραπάνω στοιχεία μεταφράζονται, σύμφωνα με την ορολογία που έχουμε ήδη αναφέρει, στα εξής:

$EAD(Exposure\ at\ Default)=(100000, 100000, 100000)$

$LGD(Loss\ Given\ Default)=0,20$

Για την κατασκευή του μοντέλου θα χρησιμοποιήσουμε, επίσης, τις ιστορικές τιμές κλεισίματος των μετοχών που απαρτίζουν κάθε ένα από τα δύο χαρτοφυλάκια για την χρονική περίοδο των τελευταίων 5 ετών και έναν πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης από μία κλάση αξιολόγησης σε μία άλλη σε ένα έτος, κατασκευασμένο από ιστορικά στοιχεία. Οι ιστορικές τιμές κλεισίματος προέρχονται από την πλατφόρμα

του Yahoo Finance⁸⁵, ενώ ο πίνακας πιθανοτήτων μετάβασης για τις εταιρείες της Αμερικής για το επόμενο έτος προέρχεται από τον οίκο αξιολόγησης Standard&Poors Global⁸⁶ και ακολουθεί παρακάτω σε ποσοστά.

U.S	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC/C	D
AAA	66.67	33.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AA	0.70	93.28	5.16	0.64	0.06	0.13	0.02	0.01
A	0.09	1.62	92.85	4.37	0.74	0.26	0.01	0.06
BBB	0.02	0.33	4.23	89.23	3.72	1.17	1.12	0.18
BB	0.03	0.14	0.67	6.09	83.43	7.58	1.00	1.06
B	0.01	0.11	0.24	0.43	4.38	82.96	7.66	4.21
CCC/C	0.21	0.00	0.22	1.30	2.38	7.64	43.68	44.57
D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00

Πίνακας 5.12

Παρατηρούμε ότι ο παραπάνω πίνακας έχει άθροισμα σειρών ίσο με 1 και άρα δεν υπάρχει πρόβλημα με τον πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης. Στη συνέχεια αναλύουμε τη δομή της μοντελοποίησης.

Η μέθοδος επιχειρεί να παράξει τυχαίες τιμές για τα χαρτοφυλάκιά μας με σκοπό να προσομοιώσει υπό μίαν έννοια τις μελλοντικές καταστάσεις και να υπολογίσει τον κίνδυνο που ενέχει η επένδυσή μας στο εκάστοτε χαρτοφυλάκιο με τα τωρινά δεδομένα. Για να το πετύχει αυτό, ακολουθεί τα επόμενα βήματα:

1. παράγει τυχαίες τιμές για το χαρτοφυλάκιο από μία γνωστή κατανομή χρησιμοποιώντας τις συνδιακυμάνσεις των δεδομένα,
2. κατηγοριοποιεί αυτές τις τιμές σε κλάσεις αξιολόγησης,
3. υπολογίζει τα πιστωτικά περιθώρια (credit spreads) ως ένα μέτρο αποτύπωσης του πιστωτικού κινδύνου,
4. χρησιμοποιεί τα πιστωτικά περιθώρια σε συνδυασμό με τις τιμές που έχουν παραχθεί από την

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

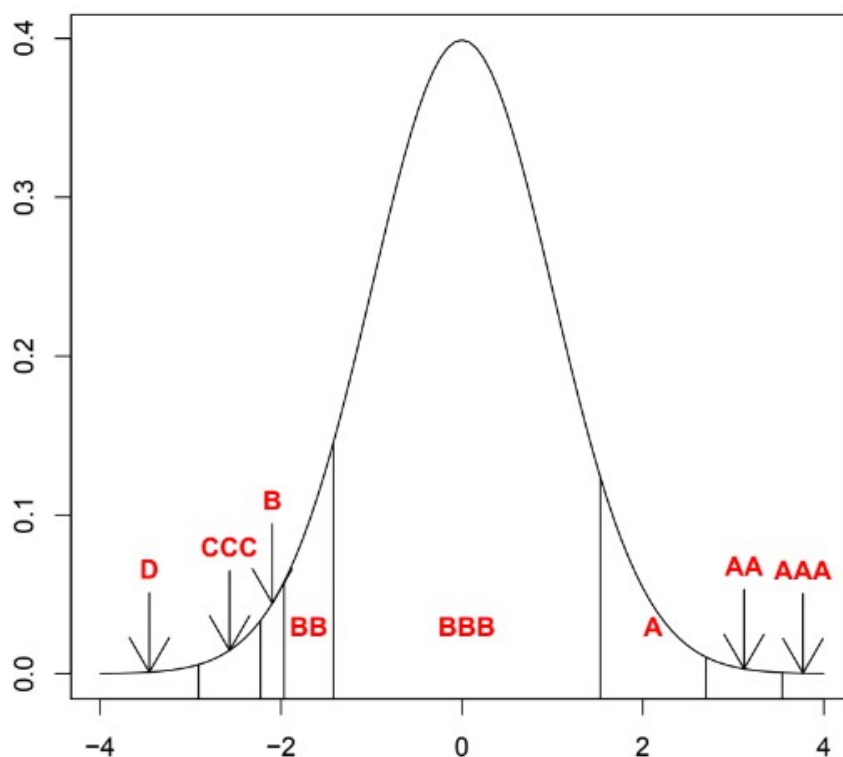
86 RatingsDirect (2016), "Default, Transition, and Recovery: 2016 Annual Global Corporate Default Study and Rating Transitions"

γνωστή κατανομή για να παράξει νέες τιμές που αντιστοιχούν στην επένδυση που έχει πραγματοποιηθεί και περιέχουν τον παράγοντα κινδύνου,

5. σύμφωνα με τις νέες τιμές υπολογίζει τα κέρδη και τις ζημιές του χαρτοφυλακίου, και
6. χρησιμοποιώντας όλα τα παραπάνω υπολογίζει σε τελικό στάδιο τα επιθυμητά μέτρα VaR.

Πιο αναλυτικά, στο παράδειγμά μας υποθέτουμε ότι οι τιμές των μετοχών ακολουθούν τυποποιημένη κανονική κατανομή $N(0,1)$. Υπολογίζοντας την συνδιακύμανση των δεδομένων μας, χρησιμοποιώντας τις ιστορικές τιμές κλεισίματος, μπορούμε να παράξουμε τιμές από την τυποποιημένη κανονική κατανομή για το χαρτοφυλάκιό μας με την ίδια συνδιακύμανση με αυτή των δεδομένων μας.

Αφού παράξουμε τις τιμές αυτές, πρέπει να τις αντιστοιχίσουμε στην αντίστοιχη κλάση αξιολόγησης. Για να το πετύχουμε αυτό, υπολογίζουμε για κάθε κλάση αξιολόγησης τις τιμές της τυποποιημένης κανονικής κατανομής στις οποίες αντιστοιχεί η κάθε κλάση αξιολόγησης, χρησιμοποιώντας τον ιστορικό πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης. Ένα παράδειγμα για τα σημεία αυτά για μία υποθετική εταιρεία κλάσης BBB παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.3.



Σχήμα 5.3⁸⁷

87 Wittmann A. (2007), "The CreditMetrics Package", σελ. 15

Στο επόμενο βήμα υπολογίζουμε τα πιστωτικά περιθώρια. Έστω V_t η αξία της μετοχής τη χρονική στιγμή t και r_t το επιτόκιο χωρίς κίνδυνο για ένα χρόνο. Μπορούμε να εκφράσουμε ως V_0 την ονομαστική αξία της μετοχής σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή t συναρτήσει ενός πιστωτικού γεγονότος, από τη σχέση:

$$V_0 = V_t e^{-(r_t + CS_t)t} \quad 5.1$$

Η σχέση (5.1) στην περίπτωση απουσίας κινδύνου υπολογίζεται ως

$$V_0 = E[V_t] e^{-r_t t} \quad 5.2$$

Για την αξία της μετοχής, όμως, γνωρίζουμε ότι

$$V_t = \begin{cases} V_t & \text{αν δεν υπάρξει αδυναμία αποπληρωμής} \\ V_t (1 - LGD) & \text{αν υπάρξει αδυναμία αποπληρωμής} \end{cases} \quad 5.3$$

Άρα, η εκτιμώμενη μέση τιμή της αξίας της μετοχής δίνεται από τις σχέσεις

$$E[V_t] = V_t (1 - PD_t) + V_t (1 - LGD) PD_t \quad 5.4$$

Από τις σχέσεις (5.1) και (5.2) προκύπτει ότι

$$\begin{aligned} E[V_t] e^{-r_t t} &= V_t e^{-(r_t + CS_t)t} \\ E[V_t] &= V_t e^{-CS_t t} \end{aligned} \quad 5.5$$

Από τις σχέσεις (5.4) και (5.5) προκύπτει

$$\begin{aligned} V_t e^{-CS_t t} &= V_t (1 - PD_t) + V_t (1 - LGD) PD_t \\ e^{-CS_t t} &= (1 - PD_t) + (1 - LGD) PD_t \\ e^{-CS_t t} &= 1 - LGD * PD_t \\ CS_t &= \frac{\ln(1 - LGD * PD_t)}{t} \end{aligned} \quad 5.6$$

Έχοντας υπολογίσει τα πιστωτικά περιθώρια (CS_t) από τη σχέση (5.6) μπορούμε πλέον να υπολογίσουμε την ονομαστική αξία των μετοχών ανά πάσα χρονική στιγμή t από τη σχέση (5.1). Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο προσομοίωσης Monte Carlo, προσομοιώνουμε τιμές για το χαρτοφυλάκιο

διατηρώντας τις συνδιακυμάνσεις των μετοχών, την κλάση αξιολόγησης, τον πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης και το αρχικό μέγεθος της επένδυσής μας. Από τις καινούριες αυτές τιμές, μπορούμε να εκτιμήσουμε την νέα κλάση αξιολόγησης των εταιρειών και άρα να υπολογίσουμε τα προσομοιωμένα κέρδη και ζημίες. Τέλος, έχοντας τα στοιχεία για τα προσομοιωμένα κέρδη και ζημίες, μπορούμε να υπολογίσουμε το επιθυμητό μέτρο VaR.

Πρώτο Χαρτοφυλάκιο

Για το πρώτο χαρτοφυλάκιο που θα εξετάσουμε, θα χρησιμοποιήσουμε τρεις αμερικάνικες εταιρείες οι οποίες, σύμφωνα με την S&P Global, είναι βαθμολογημένες ως AA και αποτελούν μέρος του δείκτη S&P 500. Οι τρεις αυτές εταιρείες είναι οι Apple Inc. (APPL), Alphabet Inc. (GOOGL) και Amazon.com Inc. (AMZN). Τα ιστορικά δεδομένα που χρησιμοποιούμε προέρχονται από το Yahoo Finance και αφορούν την περίοδο 31/12/2012-19/6/2018.

Αρχικά, δημιουργούμε ένα αρχείο με τις ιστορικές τιμές κλεισίματος των τριών εταιρειών, το εισάγουμε σε έναν πίνακα B1 στην R και υπολογίζουμε τον Πίνακα Συνδιακυμάνσεών τους, rho1, με την εντολή `rho1<-cor(B1)`.

Το αποτέλεσμα είναι ο πίνακας **5.13**,

	AAPL	GOOGL	AMZN
AAPL	1.0000	0.8837	0.8657
GOOGL	0.8837	1.0000	0.9561
AMZN	0.8657	0.9561	1.0000

Πίνακας 5.13

Η συνδιακύμανση κάθε εταιρείας με τον εαυτό της βρίσκεται στη διαγώνιο και, όπως είναι αναμενόμενο, ισούται με 1. Παρατηρούμε ότι η τιμή των μετοχών της GOOGL φαίνεται να συσχετίζεται άμεσα με την τιμή των μετοχών της AMZN, με την οποία δραστηριοποιούνται σε παρεμφερείς κλάδους, ενώ γενικότερα παρατηρείται μία αρκετά μεγάλη συνδιακύμανση και για τα άλλα δύο ζευγάρια εταιρειών.

Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε τον Πίνακα Συνδιακυμάνσεων που υπολογίσαμε για να παράξουμε 50000 τιμές από την τυποποιημένη κανονική κατανομή για τις τιμές των τριών μετοχών με την εντολή `cm.rnorm.cor(3, 50000, rho1)`.

Για να μπορέσουμε να κατηγοριοποιήσουμε τις τιμές αυτές σε κλάσεις αξιολόγησης, υπολογίζουμε τα κρίσιμα σημεία της τυποποιημένης κανονικής κατανομής χρησιμοποιώντας τα στοιχεία του πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης, με την εντολή

`cm.quantile(M)`.

Το αποτέλεσμα είναι ο πίνακας 5.14,

		D	CCC	B	BB	BBB	A	AA	AAA
AAA	$-\infty$	$-\infty$	$-\infty$	$-\infty$	$-\infty$	$-\infty$	$-\infty$	-0.4308	$+\infty$
AA	$-\infty$	-3.7190	-3.4316	-2.9478	-2.8479	-2.3824	-1.5530	2.4570	$+\infty$
A	$-\infty$	-3.2388	-3.1946	-2.7163	-2.3008	-1.6036	2.1177	3.1213	$+\infty$
BBB	$-\infty$	-2.9112	-2.2262	-1.9651	-1.5390	1.6870	2.6968	3.5400	$+\infty$
BB	$-\infty$	-2.3044	-2.0415	-1.3023	1.4810	2.3910	2.9290	3.4316	$+\infty$
B	$-\infty$	-1.7268	-1.1815	1.6285	2.4135	2.6874	3.0357	3.7190	$+\infty$
CCC/C	$-\infty$	-0.1365	1.1876	1.7381	2.1130	2.6276	2.8627	2.8274	$+\infty$

Πίνακας 5.14

Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε τον πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης σε συνδυασμό με τον παράγοντα lgd που, όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω, θεωρούμε ότι είναι 20% και υπολογίζουμε τα πιστωτικά περιθώρια με την εντολή,

`cm.cs(M, lgd)`.

Το αποτέλεσμα είναι ο πίνακας 5.15,

AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC/C
0.00000	0.00002	0.00012	0.00036	0.00212	0.00846	0.09336

Πίνακας 5.15

Παρατηρούμε, ότι όσο πιο υψηλή είναι η κλάση αξιολόγησης τόσο χαμηλότερα τα πιστωτικά περιθώρια και όσο πιο χαμηλή η κλάση αξιολόγησης, τόσο πιο υψηλά τα πιστωτικά περιθώρια. Αυτό το αποτέλεσμα είναι λογικό, διότι όπως αναφέραμε, τα πιστωτικά περιθώρια αποτυπώνουν την εκτίμηση του κινδύνου αναλόγως της θέσης της εταιρείας και των μέτρων που έχουμε αναλάβει για να μετριάσουμε τις ζημιές σε

περίπτωση που αυτές εμφανιστούν.

Σε αυτό το σημείο, χρησιμοποιώντας το ετήσιο επιτόκιο χωρίς κίνδυνο της Αμερικής που υπολογίζεται σε $r=0.023^{88}$ και τα ποσά της επένδυσής μας, που έχουν αναφερθεί στην αρχή του κεφαλαίου, $ead=(100000, 100000, 100000)$ με την πρώτη τιμή να αναφέρεται στην επένδυση σε μετοχές AAPL, την δεύτερη σε μετοχές GOOGL και την τρίτη σε μετοχές AMZN, μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τις προσομοιωμένες τιμές από την τυποποιημένη κανονική κατανομή σε κλάσεις αξιολόγησης, με την εντολή

```
cm.val(M, lgd, ead, 3, 50000, r, rho1, rating1).
```

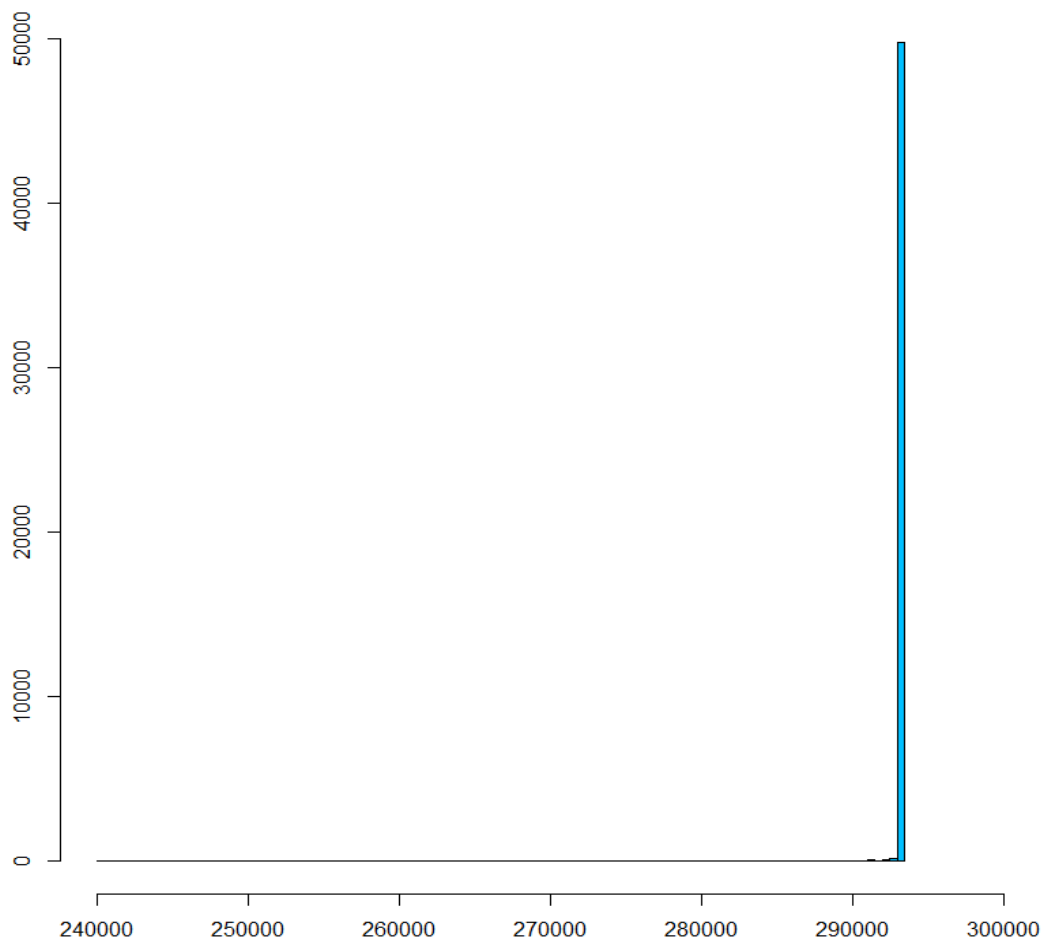
Σύμφωνα με τα παραπάνω, μπορούμε πλέον να προσομοιώσουμε τιμές για το χαρτοφυλάκιο βάσει της επένδυσης που έχουμε πραγματοποιήσει με την εντολή

```
cm.portfolio(M, lgd, ead, 3, 50000, r, rho2, rating1).
```

Καθώς οι τιμές είναι πολλές παρατηρούμε μόνο το Ιστόγραμμα τους στο Σχήμα 5.4.

Στο Σχήμα 5.4 παρατηρούμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία των τιμών που παράχθησαν βρίσκονται μαζεμένες στο δεξί άκρο του Ιστογράμματος, το οποίο δικαιολογείται από τις υψηλές κλάσεις αξιολόγησης στις οποίες βρίσκονται οι εξεταζόμενες εταιρείες, ενώ παρατηρείται και μία χαμηλή ακραία τιμή της τάξεως των 240000 ευρώ.

88 U.S. Department of the Treasury, <https://www.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/pages/TextView.aspx?data=yield>

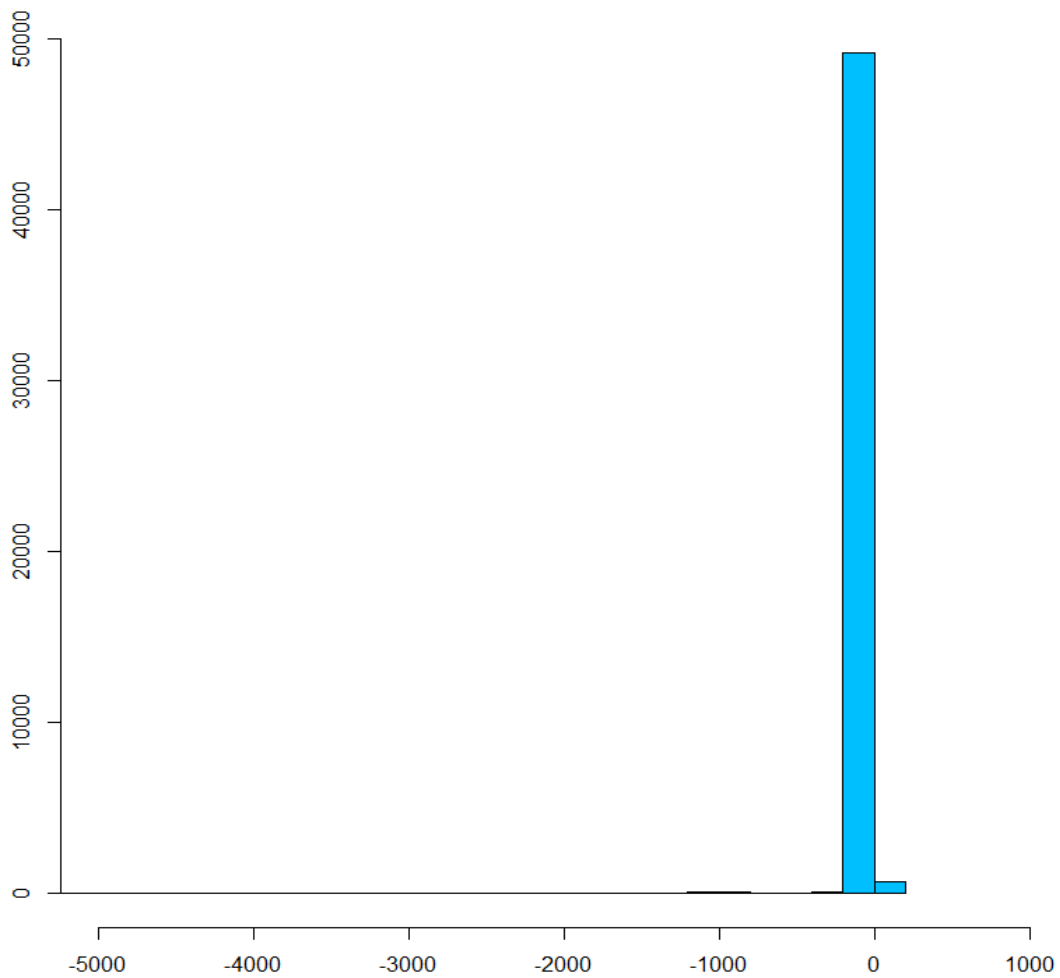


Σχήμα 5.4

Στη συνέχεια υπολογίζουμε τα κέρδη και τις ζημιές του χαρτοφυλακίου με την εντολή `cm.gain(M, lgd, ead, 3, 50000, r, rho1, rating1)`.

Καθώς οι τιμές είναι πολλές παρατηρούμε το Ιστόγραμμα τους στο Σχήμα 5.5.

Στο Σχήμα 5.5 παρατηρούμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία των τιμών που παράχθησαν βρίσκονται μαζεμένες στο δεξί άκρο του Ιστογράμματος και συγκεκριμένα μεταξύ -15 και 5, ενώ υπάρχει και μία μόνο ακραία αρνητική τιμή που βρίσκεται στο -53100.



Σχήμα 5.5

Τέλος, συγκεντρώνοντας όλα αυτά τα στοιχεία μπορούμε να υπολογίσουμε τα επιθυμητά μέτρα VaR, που στην περίπτωση μας είναι για διαστήματα εμπιστοσύνης 95% και 99%, με τις εντολές

`cm.CVaR(M, lgd, ead, 3, 50000, r, rho1, a95, rating1).`

Με το αποτέλεσμα να είναι 5% πιθανότητα να εμφανιστούν ζημίες μεγαλύτερες από 19.54 ευρώ στο επόμενο έτος, και

`cm.gain(M, lgd, ead, 3, 50000, r, rho1, a99, rating1).`

Με το αποτέλεσμα να είναι 1% πιθανότητα να εμφανιστούν ζημίες μεγαλύτερες από 52.76 ευρώ στο

επόμενο έτος,

Δεύτερο Χαρτοφυλάκιο

Για το δεύτερο χαρτοφυλάκιο που θα εξετάσουμε, θα χρησιμοποιήσουμε τρεις αμερικάνικες εταιρείες οι οποίες σύμφωνα με την S&P είναι βαθμολογημένες ως AAA, A και BBB και αποτελούν μέρος του δείκτη S&P 500. Οι τρεις αυτές εταιρείες είναι οι Microsoft Corporation (MSFT), Unum Group (UNM) και BorgWarver Inc. (BWA). Τα ιστορικά δεδομένα που χρησιμοποιούμε προέρχονται από το Yahoo Finance και αφορούν την περίοδο 31/12/2012-19/6/2018.

Αρχικά, δημιουργούμε ένα αρχείο με τις ιστορικές τιμές κλεισίματος των τριών εταιρειών, το εισάγουμε σε έναν πίνακα B2 στην R και υπολογίζουμε τον Πίνακα Συνδιακυμάνσεων τους, rho2, με την εντολή `rho2<-cor(B2)`.

Το αποτέλεσμα είναι ο πίνακας

	MSFT	UNM	BWA
MSFT	1.0000	0.8421	-0.0532
UNM	0.8424	1.0000	0.1452
BWA	-0.0532	0.1452	1.0000

Πίνακας 5.16

Η συνδιακύμανση κάθε εταιρείας με τον εαυτό της βρίσκεται στη διαγώνιο και, όπως είναι αναμενόμενο, ισούται με 1, ενώ παρατηρούμε ότι η τιμή των μετοχών της UNM φαίνεται να συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την τιμή των μετοχών της MSFT, σε αντίθεση με την τιμή των μετοχών της BWA που δεν φαίνονται να συσχετίζονται σχεδόν καθόλου με καμία από τις άλλες δύο εταιρείες.

Στη συνέχεια, χρησιμοποιούμε τον Πίνακα Συνδιακυμάνσεων που υπολογίσαμε για να παράξουμε 50000 τιμές από την τυποποιημένη κανονική κατανομή για τις τιμές των τριών μετοχών με την εντολή `cm.rnorm.cor(3, 50000, rho2)`.

Για να μπορέσουμε να κατηγοριοποιήσουμε τις τιμές αυτές σε κλάσεις αξιολόγησης, υπολογίζουμε τα κρίσιμα σημεία της τυποποιημένης κανονικής κατανομής χρησιμοποιώντας τα στοιχεία του πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης, με την εντολή `cm.quantile(M)`.

Το αποτέλεσμα είναι ο πίνακας 5.14 που αναφέρθηκε και παραπάνω

		D	CCC	B	BB	BBB	A	AA	AAA
AAA	$-\infty$	$-\infty$	$-\infty$	$-\infty$	$-\infty$	$-\infty$	$-\infty$	-0.4308	$+\infty$
AA	$-\infty$	-3.7190	-3.4316	-2.9478	-2.8479	-2.3824	-1.5530	2.4570	$+\infty$
A	$-\infty$	-3.2388	-3.1946	-2.7163	-2.3008	-1.6036	2.1177	3.1213	$+\infty$
BBB	$-\infty$	-2.9112	-2.2262	-1.9651	-1.5390	1.6870	2.6968	3.5400	$+\infty$
BB	$-\infty$	-2.3044	-2.0415	-1.3023	1.4810	2.3910	2.9290	3.4316	$+\infty$
B	$-\infty$	-1.7268	-1.1815	1.6285	2.4135	2.6874	3.0357	3.7190	$+\infty$
CCC/C	$-\infty$	-0.1365	1.1876	1.7381	2.1130	2.6276	2.8627	2.8274	$+\infty$

Πίνακας 5.14

Στη συνέχεια, χρησιμοποιούμε τον πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης σε συνδυασμό με τον παράγοντα lgd , που είναι 20%, και υπολογίζουμε τα πιστωτικά περιθώρια με την εντολή,

`cm.cs(M, lgd)`.

Το αποτέλεσμα είναι ο πίνακας 5.15 που αναφέρθηκε παραπάνω

AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC/C
0.00000	0.00002	0.00012	0.00036	0.00212	0.00846	0.09336

Πίνακας 5.15

Παρατηρούμε για άλλη μία φορά ότι όσο πιο υψηλή είναι η κλάση αξιολόγησης τόσο χαμηλότερα τα πιστωτικά περιθώρια και όσο πιο χαμηλή η κλάση αξιολόγησης, τόσο πιο υψηλά τα πιστωτικά περιθώρια.

Σε αυτό το σημείο, χρησιμοποιώντας το ετήσιο επιτόκιο χωρίς κίνδυνο της Αμερικής που υπολογίζεται σε $r=0.023^{89}$ και τα ποσά της επένδυσής μας, που έχουν αναφερθεί στην αρχή του κεφαλαίου, $ead=(100000, 100000, 100000)$ με την πρώτη τιμή να αναφέρεται στην επένδυση σε μετοχές MSFT, την δεύτερη σε μετοχές UNM και την τρίτη σε μετοχές BWA, μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τις προσομοιωμένες τιμές από την τυποποιημένη κανονική κατανομή σε κλάσεις αξιολόγησης, με την εντολή

89 U.S. Department of the Treasury, <https://www.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/pages/TextView.aspx?data=yield>

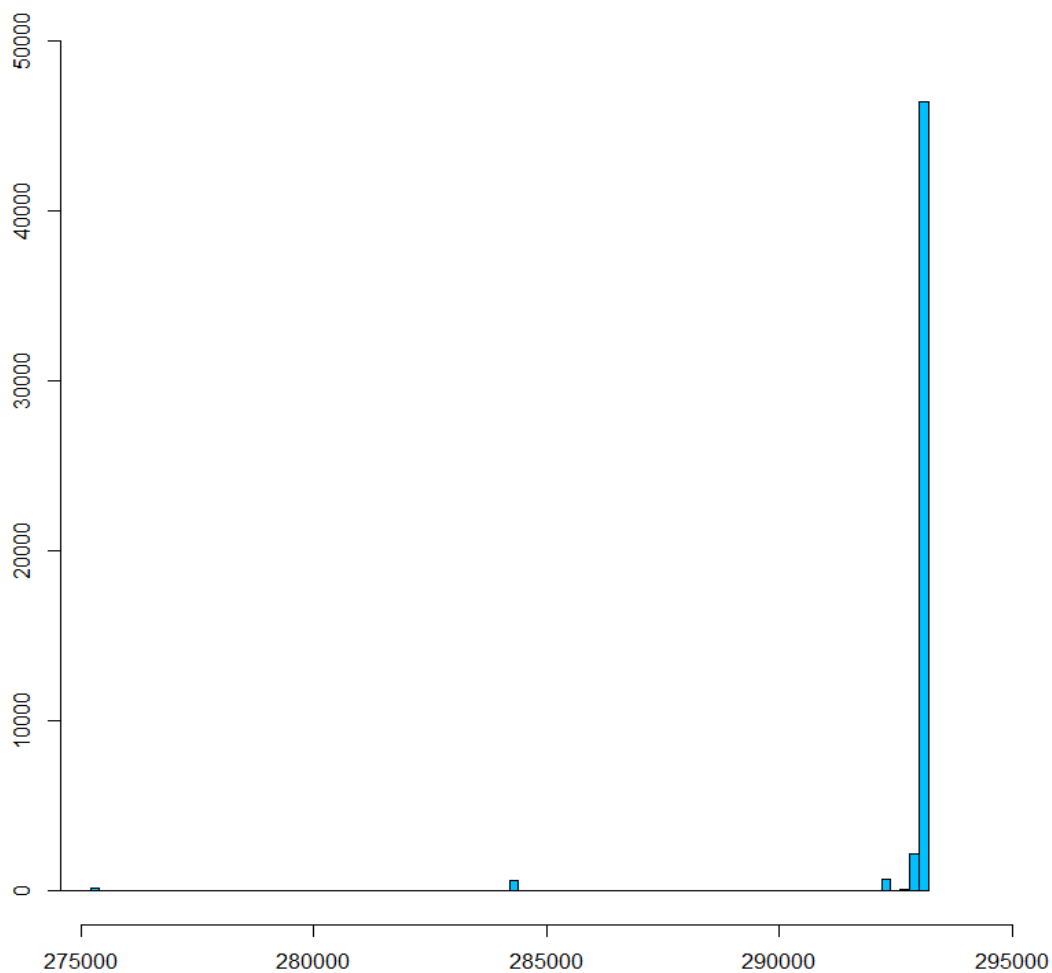
`cm.val(M, lgd, ead, 3, 50000, r, rho2, rating2)`.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, μπορούμε πλέον να προσομοιώσουμε τιμές για το χαρτοφυλάκιο βάσει της επένδυσης που έχουμε πραγματοποιήσει με την εντολή

`cm.portfolio(M, lgd, ead, 3, 50000, r, rho2, rating2)`.

Καθώς οι τιμές είναι πολλές παρατηρούμε μόνο το Ιστόγραμμα τους στο Σχήμα 5.6,

Στο Σχήμα 4 παρατηρούμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία των τιμών που παράχθησαν βρίσκονται μαζεμένες στο δεξί άκρο του Ιστογράμματος, το οποίο δικαιολογείται από τις υψηλές κλάσεις αξιολόγησης στις οποίες βρίσκονται οι εξεταζόμενες εταιρείες.

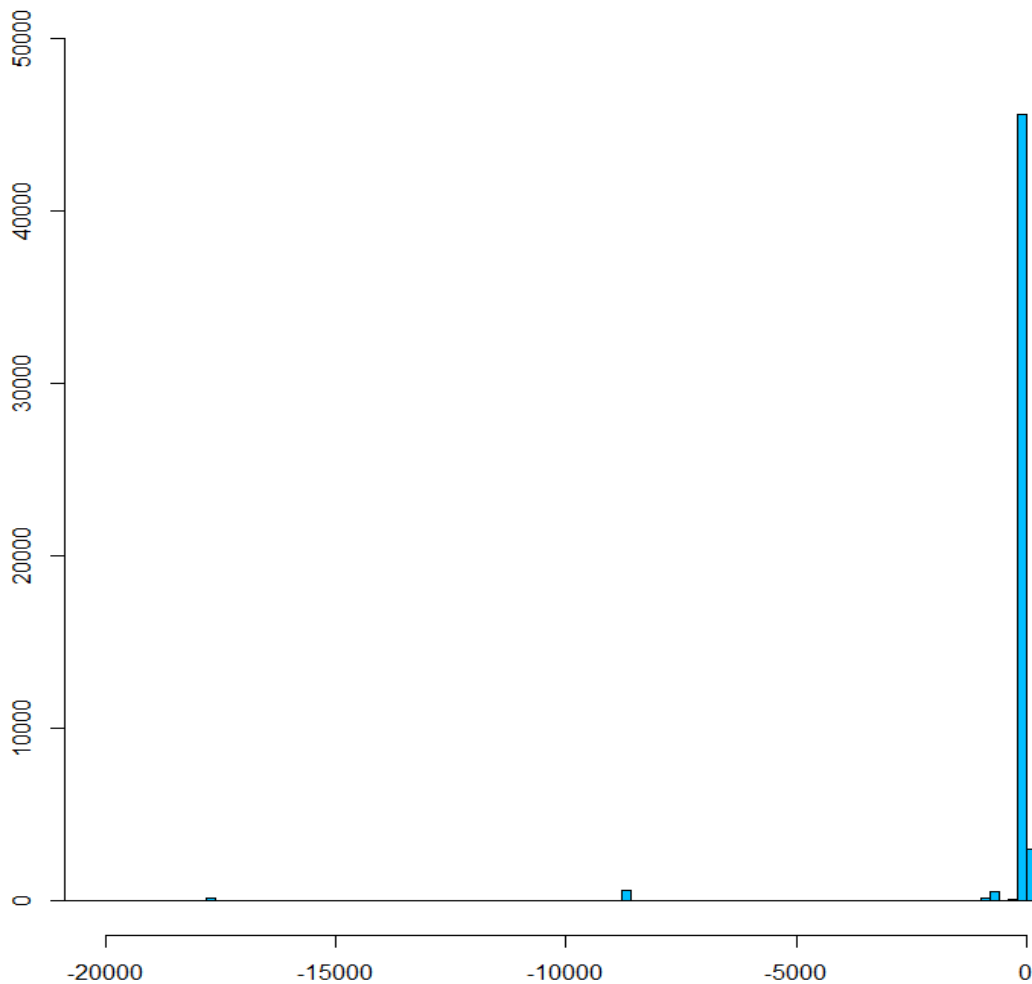


Σχήμα 5.6

Στη συνέχεια υπολογίζουμε τα κέρδη και τις ζημιές του χαρτοφυλακίου με την εντολή `cm.gain(M, lgd, ead, 3, 50000, r, rho2, rating2)`.

Καθώς οι τιμές είναι πολλές παρατηρούμε μόνο το Ιστογράμμά τους στο Σχήμα 5.7.

Στο Σχήμα 3 παρατηρούμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία των τιμών που παράχθησαν βρίσκονται μαζεμένες στο δεξιό άκρο του Ιστογράμματος και συγκεκριμένα μεταξύ -200 και 50.



Σχήμα 5.7

Τέλος, συγκεντρώνοντας όλα αυτά τα στοιχεία μπορούμε να υπολογίσουμε τα επιθυμητά μέτρα VaR, που στην περίπτωση μας είναι για διαστήματα εμπιστοσύνης 95% και 99%, με τις εντολές

`cm.CVaR(M, lgd, ead, 3, 50000, r, rho2, a95, rating2)`.

Με το αποτέλεσμα να είναι 5% πιθανότητα να εμφανιστούν ζημιές μεγαλύτερες από 171.95 ευρώ στο

επόμενο έτος, και

`cm.gain(M, lgd, ead, 3, 50000, r, rho2, a99, rating2).`

Με το αποτέλεσμα να είναι 1% πιθανότητα να εμφανιστούν ζημίες μεγαλύτερες από 8673.53 ευρώ στο επόμενο έτος, Τα δύο μέτρα αυτά είναι αρκετά μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα του πρώτου χαρτοφυλακίου, γεγονός που επεξηγείται από τη χαμηλότερη κλάση αξιολόγησης στην οποία βρίσκονται δύο από τις τρεις εταιρείες του δεύτερου χαρτοφυλακίου, συγκριτικά με εκείνες του πρώτου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – Σύνοψη και Σύγκριση Μοντέλων

Στα προηγούμενα κεφάλαια αναλύσαμε αρκετά μοντέλα διαχείρισης και μέτρησης του πιστωτικού κινδύνου. Τα εν λόγω μοντέλα δείχνουν να έχουν πολλές ομοιότητες, αλλά και πολλές διαφοροποιήσεις. Για το λόγο αυτό, θα αναλύσουμε και θα συγκρίνουμε παρακάτω τις διαφορετικές προσεγγίσεις των μοντέλων στην προσπάθεια διαχείρισης και μέτρησης του εξεταζόμενου κινδύνου.

Η ανάλυση έχει βασιστεί στην ανάλυση των Saunder και Allen, από όπου προέρχεται και ο πίνακας **4.1**, μεταφρασμένος. Η συγκεκριμένη ανάλυση βασίζεται σε 10 βασικά χαρακτηριστικά των εν λόγω μοντέλων, τα οποία θα εξηγήσουμε παρακάτω. Τα μοντέλα που αναλύονται είναι τα εξής:

- Μοντέλα τιμολόγησης παραγώγων, όπως τα KMV και Moody' s,
- Μοντέλα μειωμένης μορφής, όπως τα KPMG και Kamakura,
- Μοντέλα VaR, όπως το CreditMetrics,
- Στοχαστικά μοντέλα, όπως το CreditPortfolio View και
- Μοντέλα θνησιμότητας όπως το CreditRisk Plus

Πίνακας 4.1 Σύγκριση Διαφορετικών Μοντέλων Μέτρησης Πιστωτικού Κινδύνου

	CreditMetrics		CreditPortfolio View		CreditRisk Plus		Merton OPM KMV/Moody's		Reduced Form KPMG/Kamakura	
Προσέγγιση Κινδύνου	MTM		MTM ή DM	DM		MTM ή DM	MTM		MTM	
Οδηγητής Κινδύνου	Τιμές Συνολικού Κεφαλαίου		Μακροοικονομικοί Παράγοντες	Αναμενόμενοι Ρυθμοί Εμφάνισης Αδυναμίας Αποπληρωμής		Τιμές Συνολικού Κεφαλαίου	Αξίες Χρέους και Μετοχικού Κεφαλαίου		Αξίες Χρέους και Μετοχικού Κεφαλαίου	
Απαιτούμενα δεδομένα	Ιστορικοί πίνακες πιθανοτήτων μετάβασης, μακροοικονομικές μεταβλητές, πιστωτικά γεγονότα, LGD, έκθεση στον κίνδυνο		Ιστορικοί πίνακες πιθανοτήτων μετάβασης, μακροοικονομικές μεταβλητές, πιστωτικά περιθώρια, LGD, έκθεση στον κίνδυνο	Ρυθμοί εμφάνισης αδυναμίας αποπληρωμής και μεταβλητότητα, μακροοικονομικοί παράγοντες, LGD, έκθεση στον κίνδυνο		Αξία μετοχικού κεφαλαίου, πιστωτικά περιθώρια, συσχετίσεις, έκθεση στον κίνδυνο	Αξίες Χρέους και Μετοχικού Κεφαλαίου, Ιστορικοί πίνακες πιθανοτήτων μετάβασης, συσχετίσεις, έκθεση στον κίνδυνο		Αξίες Χρέους και Μετοχικού Κεφαλαίου, Ιστορικοί πίνακες πιθανοτήτων μετάβασης, συσχετίσεις, έκθεση στον κίνδυνο	
Χαρακτηρισμός Πιστωτικών Γεγονότων	Μεταβολή πιστωτικής αξιολόγησης		Μεταβολή πιστωτικής αξιολόγησης λόγω μακροοικονομικών γεγονότων	Τυχαίος ρυθμός εμφάνισης αδυναμίας αποπληρωμής βάσει του ασφαλιστικού προτύπου		Απόσταση από την αδυναμία αποπληρωμής: μεθοδική και εμπειρική	Ένταση αδυναμίας αποπληρωμής		Ένταση αδυναμίας αποπληρωμής	
Μεταβλητότητα Πιστωτικών Γεγονότων	Σταθερά ή Μεταβλητή		Μεταβλητή	Μεταβλητή		Μεταβλητή	Μεταβλητή		Μεταβλητή	
Συσχέτιση Πιστωτικών Γεγονότων	Πολυμεταβλητές κανονικές επιστροφές κεφαλαίων		Ένταξη μακροοικονομικών παραγόντων	Υπόθεση ανεξαρτησίας ή συσχέτιση με μέσο αναμενόμενο ρυθμό εμφάνισης αδυναμίας αποπληρωμής		Πολυμεταβλητές κανονικές επιστροφές κεφαλαίων	Διαδικασίες έντασης Poisson συμπεριλαμβανομένων συστημικών παραγόντων		Διαδικασίες έντασης Poisson συμπεριλαμβανομένων συστημικών παραγόντων	
Ποσοστά Αποπληρωμής	Τυχαία (κατανομή Βήτα)		Τυχαία	Σταθερά με κλάσεις		Σταθερά ή τυχαία	Σταθερά ή τυχαία		Σταθερά ή τυχαία	
Αριθμητική Προσέγγιση	Προσομοίωση ή αναλυτική μέθοδος		Προσομοίωση	Αναλυτική μέθοδος		Αναλυτική και Οικονομετρική	Οικονομετρική		Οικονομετρική	
Επιτόκια	Σταθερά		Σταθερά	Σταθερά		Σταθερά	Στοχαστικά		Στοχαστικά	
Κατηγοριοποίηση Κινδύνου	Αξιολόγηση		Αξιολόγηση	Κλάσεις έκθεσης στον κίνδυνο		Εμπειρικό EDF	Αξιολόγηση ή πιστωτικά γεγονότα		Αξιολόγηση ή πιστωτικά γεγονότα	

Προσέγγιση Κινδύνου

Όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως τα μοντέλα που εξετάζουμε προσεγγίζουν τον πιστωτικό κίνδυνο με δύο διαφορετικές μεθόδους. Η πρώτη υπολογίζει τη VaR βάσει των αλλαγών της αξίας των δανείων στην αγορά, τα λεγόμενα Mark-to-Market (MTM), και η δεύτερη εστιάζει στον πρόβλεψη των ζημιών σε περίπτωση αδυναμίας αποπληρωμής, τα λεγόμενα Default Mode (DM). Ένα βασικό χαρακτηριστικό στο οποίο διαφέρουν τα δύο μοντέλα είναι ότι τα MTM μοντέλα επιτρέπουν την μετάβαση της αξιολόγησης των οφειλετών των δανείων, καθώς και την αδυναμία αποπληρωμής, ενώ τα DM αναγνωρίζουν μόνο την περίπτωση της αδυναμίας αποπληρωμής και την απουσία αυτής.

Υπό αυτό το πρίσμα:

Προσέγγιση MTM χρησιμοποιούν τα μοντέλα CreditMetrics, KPMG και Kamakura,

Προσέγγιση DM χρησιμοποιεί το CreditRisk Plus,

Προσεγγίσεις και των δύο μεθόδων χρησιμοποιούν τα μοντέλα CreditPortfolio View και KMV/Moody' s.

Οδηγητής Αιτία Κινδύνου

Ο Οδηγητής Αιτία του κινδύνου είναι διαφορετικός σε κάθε μοντέλο. Συγκεκριμένα, τα CreditMetrics και KMV/Moody' s βασίζονται στο μοντέλο τιμολόγησης παραγώγων του Merton (OPM), όπου η κύρια αιτία του κινδύνου είναι οι αξίες των κεφαλαίων των επιχειρήσεων και η μεταβλητότητα αυτών. Στο CreditPortfolio View η κύρια αιτία είναι οι μακροοικονομικοί παράγοντες, στο CreditRisk Plus η αιτία είναι το μέσο επίπεδο του πιστωτικού κινδύνου και η διασπορά του, ενώ στα μοντέλα μειωμένης μορφής η κύρια αιτία είναι τα πιστωτικά περιθώρια από τις καμπύλες των επιστροφών των επικίνδυνων χρεών.

Παρά όλες τις διαφορές τους, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι οδηγητές/αιτίες του κινδύνου σε όλα τα μοντέλα συσχετίζονται σε κάποιο βαθμό και μπορούν να συνοψιστούν σε ένα σύνολο μακροοικονομικών και συστημικών παραγόντων κινδύνου, οι οποίοι περιγράφουν την εξέλιξη των οικονομικών συνθηκών⁹⁰

Απαιτούμενα δεδομένα

Όπως αναλύσαμε παραπάνω, τα μοντέλα CreditMetrics, CreditPortfolio View και KPMG βασίζονται στη χρήση ιστορικών πινάκων πιθανοτήτων μετάβασης, ενώ το Credit Risk Plus χρησιμοποιεί πίνακες θνησιμότητας για την εκτίμηση της κατανομής του ρυθμού εμφάνισης αδυναμίας αποπληρωμής για κάθε κλάση έκθεσης στον κίνδυνο και τα Kamakura, KMV και Moody's απαιτούν σειρές τιμών χρεωγράφων.

90 Saunders Allen, "Credit Risk Measurement New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms", σελ. 138

Όλα τα μοντέλα χρησιμοποιούν την έκθεση στον κίνδυνο που παράγεται από τη σύσταση του εκάστοτε χαρτοφυλακίου. Εν τέλει, τα περισσότερα μοντέλα χρησιμοποιούν τη συσχέτιση των κεφαλαίων, εκτός από το CreditPortfolio View, το οποίο προσεγγίζει τη συσχέτιση των κεφαλαίων από απλούς μακροοικονομικούς παράγοντες και το Credit Risk Plus, στο οποίο οι συσχετίσεις παράγονται από καθορισμένες κατανομές βασισμένες σε μακροοικονομικούς παράγοντες.

Χαρακτηρισμός Πιστωτικών Γεγονότων

Κάθε μοντέλο θεωρεί διαφορετικά πιθανά πιστωτικά γεγονότα στο διάστημα που εξετάζεται. Τα CreditMetrics και CreditPortfolio View πιστωτικό γεγονός θεωρείται η οποιαδήποτε μεταβολή στην αξιολόγηση της πιστοληπτικής ικανότητας ενός οφειλέτη. Τα KMV και Moody's χαρακτηρίζουν ως πιστωτικά γεγονότα την απόσταση από την αδυναμία αποπληρωμής (distance-to-default), υπολογίζοντας στη συνέχεια το εμπειρικό EDF. Τα μοντέλα μειωμένης μορφής, όπως το KPMG LAS και το Kamakura, θεωρούν ως πιστωτικό γεγονός τις αλλαγές στην "ένταση" των αδυναμιών αποπληρωμής, ενώ το Credit Risk Plus χαρακτηρίζει ως πιστωτικό γεγονός μόνο την εμφάνιση αδυναμίας αποπληρωμής, καθώς είναι ένα μοντέλο DM.

Μεταβλητότητα Πιστωτικών Γεγονότων

Ένα άλλο σημείο διαφοροποίησης εντοπίζεται στην μοντελοποίηση της κατανομής των αδυναμιών αποπληρωμής. Στο CreditMetrics εξαρτάται από ιστορικά στοιχεία και μπορεί να είναι είτε σταθερή είτε μεταβλητή. Στα KMV και Moody's τα μεταβάλλεται με τις νέες πληροφορίες για τιμές μετοχών. Αντίστοιχα επηρεάζεται και το μοντέλο μειωμένης μορφής του Kamakura από τις αλλαγές στις αξίες των μετοχικών κεφαλαίων, ενώ στο CreditPortfolio View οι μακροοικονομικοί παράγοντες επηρεάζουν ενεργά την πιθανότητα αδυναμίας αποπληρωμής, μέσω της λογιστικής συνάρτησης. Τέλος, στο Credit Risk Plus η πιθανότητα αδυναμίας αποπληρωμής θεωρείται τυχαία μεταβλητή που ακολουθεί κατανομή Poisson.

Συσχέτιση Πιστωτικών Γεγονότων

Οι συσχετίσεις των πιστωτικών γεγονότων επάγονται άμεσα από τους οδηγητές/αιτίες κινδύνου του κάθε μοντέλου.

Ποσοστά Αποπληρωμής

Οι κατανομές των ζημιών εξαρτώνται άμεσα από το μέγεθος των ζημιών/LGD. Το CreditMetrics στην εκδοχή της κανονικής κατανομής έχει ενσωματωμένη την τυπική απόκλιση στον υπολογισμό της VaR,

ενώ στην εκδοχή της πραγματικής κατανομής, τα ποσοστά αποπληρωμής θεωρούνται ότι ακολουθούν κατανομή Βήτα. Στο απλό μοντέλο του KMV τα ποσοστά αποπληρωμής είναι σταθερά, ενώ στις εκτεταμένες ακολουθούν κατανομή Βήτα. Στο CreditPortfolio View, τα ποσοστά αποπληρωμής υπολογίζονται μέσω προσομοιώσεων Monte Carlo. Στο Credit Risk Plus οι ζημίες ομαδοποιούνται και θεωρούνται σταθερές και τέλος, στα μοντέλα μειωμένης μορφής τα ποσοστά αποπληρωμής εκτιμώνται από τις αξίες του χρέους και του μετοχικού κεφαλαίου και είτε ακολουθούν στοχαστική διαδικασία είτε θεωρούνται σταθερά.

Αριθμητική Προσέγγιση

Στο CreditMetrics υπάρχει η δυνατότητα αναλυτικού υπολογισμού της VaR, αλλά όσο μεγαλώνει το μέγεθος του χαρτοφυλακίου, τόσο δυσκολότερος γίνεται αυτός ο υπολογισμός, με αποτέλεσμα να απαιτείται η χρήση προσομοιώσεων Monte Carlo. Αντίστοιχα, το CreditPortfolio View, χρησιμοποιεί επαναλαμβανόμενες προσομοιώσεις Monte Carlo για να παράξει μακροοικονομικές αναταραχές. Το Credit Risk Plus επιτρέπει τη χρήση αναλυτικής μεθόδου, λόγω των κατανομών Poisson και Γάμμα που χρησιμοποιεί. Τα KMV και Moody's επιτρέπουν τόσο αναλυτικές μεθόδους όσο και μεθόδους προσομοίωσης, ενώ τα μοντέλα μειωμένης μορφής χρησιμοποιούν οικονομετρικές προσεγγίσεις.

Επιτόκια

Αν και μερικά ακαδημαϊκά κυρίως μοντέλα χρησιμοποιούν στοχαστικά επιτόκια, τα περισσότερα εμπορικά μοντέλα υποθέτουν σταθερά επιτόκια.

Κατηγοριοποίηση Κινδύνου

Τα CreditMetrics, CreditPortfolio View και το KPMG's LAS χρησιμοποιούν αξιολογήσεις για να κατηγοριοποιήσουν τον κίνδυνο. Το Credit Risk Plus χρησιμοποιεί κλάσεις έκθεσης, τα μοντέλα μειωμένης μορφής χρησιμοποιούν επίπεδα έντασης αδυναμίας αποπληρωμής και τα KMV και Moody's υπολογίζουν εμπειρικά EDFs.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΕΝΗ

ΒΙΒΛΙΑ

Bluhm C., Overbeck L., Wagner C. (201), "Introduction to Credit Risk Modelling".

Elton J. Edwin, Gruber J. Martin (1999), "Modern Portfolio Theory and Investment Analysis", John Wiley & Sons Inc., New York.

Jorion P. (2007), "Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk".

Matthers K., Thompson J. (2008), The Economics of Banking.

Mishkin S.F., Eakins G.S. (Pearson 6th edition, 2009), "Financial Markets and Institutions".

Saunders Allen (2002), "Credit Risk Measurement New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms".

Smithson W. Charles (1998), "Managing Financial Risk", McGraw-Hill, NY.

Vaughan Em. (1997), "Risk Management", John Willey & Sons.

PAPERS/PUBLICATIONS

Altman E.I., Kishore V.M. (January 1998), "Defaults and Returns on High-Yield Bonds: Analysis Through 1997", New York University Solomon Center, Working paper 1.

Bensako D., Kanatas G. (1996), The regulation of bank capital,, J. Banking Finance vol. 5, 160-183.

Berger, A.N., Demsetz, R.S., Strahan, P.E., (1999), "The consolidation of the financial services industry: causes, consequences and implications for the future", J. Banking Finance vol. 23, 135-194.

Culp C. (2002), "The Revolution in Corporate Risk Management: A Decade in Innovations in Process and Products", J. Applied Corporate Finance vol. 14, no. 4.

Credit Suisse First Boston International (1997), "CreditRisk+: A Credit Risk Management Framework", 68 pages.

Engle R.F. (1982). Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of U.K. Inflation, Econometrica, 50, 987 – 1008.

Finger C.C. (Spring 2000a), "Toward a Better Estimation of Wrong-Way Credit Exposure", RiskMetrics Journal, pages 25-40.

Hu Y.T., Kiesel R., Perraudin W. (2001), "The Estimation of Transition Matrices for Sovereign Credit Ratings".

Kealhofer S., Kwok S, Wend W. (March 1998), "Uses and Abuses of Bond Default Rates", KMV.

Kim J. (November 2000), "Hypothesis Test of Default Correlation and Application to Specific Risk", J. RiskMetrics vol. 1, pages 35-48.

Mandelbrot B., (1963), "The Variation of Certain Speculative Prices", The Journal of Business 36, No. 4, σελ. 394-419.

Nickell P, Perraudin W, Varotto S. (2001a), "Stability of Rating Transitions", J. Banking and Finance, vol. 24, no. 1/2, page 203-228.

Nickell P., Perraudin W., Varotto S. (2001b), "Rating versus Equity-Based Credit Risk Modeling: An Empirical Analysis", Bank of England, working paper 132.

RatingsDirect (2016), "Default, Transition, and Recovery: 2016 Annual Global Corporate Default Study and Rating Transitions".

RiskMetrics Group Inc. (2007), "CreditMetrics: Technical Document", 193 pages.

Swiss Reinsurance Company, "Sigma", April 2015.

Treacy W.F., Carey M. (January 2000), "Credit Risk Rating Systems at Large U.S. Banks", J. Banking and Finance, pages 167-201.

Wilson T. (September and October 1997a,b), "Portfolio Credit Risk (Parts I and II)", Risk Magazine, pages 111-117 and 56-61.

Wittmann A. (2007), "The CreditMetrics Package".

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

ΒΙΒΛΙΑ

Αγγελόπουλος Χρ. Π. (2010) “Τράπεζες και Χρηματοπιστωτικό Σύστημα, Αγορές – Προϊόντα – Κίνδυνοι”, (Γ’ ΕΚΔΟΣΗ).

Σταϊκούρας Χ. (2005) “Τραπεζική Χρηματοοικονομική”, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

PAPERS/PUBLICATIONS

Γαλανάκης, Γεωργίου, Καλδής, Λεοντιάδης, Πολίτης (2003), “RISK MANAGEMENT”, ΑΣΟΕ.

Δελλής Μ. Α. (2010), “Η Επιτροπή της Βασιλείας και ο Κίνδυνος της Αγοράς”, ΠΠ.

Εσερίδου Κ., (2010), “Εκτίμηση του Value at Risk”, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Καρδαράς Δ. (2003), “Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων”, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, ΟΠΑ.

Κοκκινίδης Γ., Κοφφινά Ι., Παπαγγελής Μ., “Knowledge Management & Semantic Web”, Πανεπιστήμιο Κρήτης.

Κολλιόπουλος Αθ. (2018), “Βασιλεία III: Διασφάλιση της Χρηματοπιστωτικής Σταθερότητας ή Εξασφάλιση Ανταγωνιστικού Πλεονεκτήματος;”, ΕΛΙΑΜΕΠ.

Κουγιουμτζής Δ. (2017), “Χρονοσειρές”, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Παδούβας Γ. Κ. (2015), “Ανάλυση Χρηματοοικονομικών Κινδύνων και VAR. Υπολογισμός και εφαρμογή με τη μέθοδο Monte Carlo στη γλώσσα R”, ΕΜΠ.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

InnoSupport – <http://innosupport.net>

Bank of International Settlements – <http://www.bis.org>

MoneyControl – <http://www.moneycontrol.com>

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

Kamakura Corporation – <http://www.kamakuraco.com>

University of Kansas, Dept of Mathematics – <http://www.math.ku.edu>

U.S. Department of the Treasury – <https://www.treasury.gov/>

Yahoo Finance – <http://finance.yahoo.com>

Οικονομικό Επιμελητήριο της Ελλάδος – <http://www.oe-e.gr>