

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**  
Σχολή Χρηματοοικονομικής και Στατιστικής



**Τμήμα Στατιστικής και Ασφαλιστικής  
Επιστήμης**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ  
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ**

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΟΥ  
ΠΙΣΤΩΤΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΠΙΣΤΩΤΙΚΟΥ  
ΚΙΝΔΥΝΟΥ**

**Βαρβαρής Γ. Χρήστος**

Διπλωματική Εργασία  
που υποβλήθηκε στο Τμήμα Στατιστικής και Ασφαλιστικής Επιστήμης του  
Πανεπιστημίου Πειραιά ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση του  
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην Εφαρμοσμένη Στατιστική

**Πειραιάς  
ΙΟΥΛΙΟΣ 2021**



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

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Καθηγητής Αγιακλόγλου Χρήστος (Επιβλέπων)
- Καθηγητής Μιλτιάδης Νεκτάριος
- Αναπληρωτής Καθηγητής Σεβρόγλου Βασίλειος

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



**UNIVERSITY OF PIRAEUS**  
School of Finance and Statistics



**Department of Statistics and Insurance  
Science**

**POSTGRADUATE PROGRAM IN  
APPLIED STATISTICS**

**ESTIMATION AND PREDICTION OF CREDIT  
RISK BASED ON RATING TRANSITION  
SYSTEMS**

**Varvarrigos G. Christos**

MSc Dissertation  
submitted to the Department of Statistics and Insurance  
Science of the University of Piraeus in partial fulfilment of  
the requirements for the degree of Master of Science in  
Applied Statistics

**Piraeus, Greece  
JULY 2021**



# Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον επιβλέποντα Καθηγητή κύριο Αγιακλόγλου Χρήστο, ο οποίος έδειξε εξαιρετική υπομονή και επιμονή κατά τη διάρκεια της συγγραφής της παρούσας εργασίας, μεταδίδοντας γνώσεις και πράττοντας σημαντικές υποδείξεις και συμβουλές, ώστε όλη η προσπάθεια να ολοκληρωθεί επιτυχώς εντός των προβλεπόμενων χρονικών ορίων.

Επιπρόσθετα θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς επιτροπής, Καθηγητή κ. Μιλτιάδη Νεκτάριο και Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Σεβρόγλου Βασίλειο, για το χρόνο που αφιέρωσαν στη μελέτη και τη διόρθωση της. Τέλος, θα ήταν σημαντική παράληψη να μην ευχαριστήσω τους γονείς μου για την υπομονή και τη στήριξη που μου παρείχαν.





# Περίληψη

Ο κίνδυνος αθέτησης ορίζεται ως η αβεβαιότητα που περιβάλλει την ικανότητα μιας εταιρείας ή ενός φυσικού προσώπου να εκπληρώσει τα χρέη και τις υποχρεώσεις της. Προκειμένου να αντισταθμιστεί η αβεβαιότητα των δανειστών, η διαχείριση κινδύνων στον χρηματοπιστωτικό τομέα αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά ερευνητικά θέματα στο συγκεκριμένο κλάδο, εκτελώντας μια σειρά πιθανολογικών εκτιμήσεων για την πιθανότητα αθέτησης, χρησιμοποιώντας μια σειρά μοντέλων για τις παραπάνω προβλέψεις. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση της δομής και των βασικών παραμέτρων του πιστωτικού κινδύνου στο πλαίσιο των μοντέλων του Merton. Στην εργασία μελετώνται βιβλιογραφικά οι βασικές έννοιες και παράμετροι εφαρμογής των παραπάνω μοντέλων. Αρχικά αναλύεται η έννοια του χρηματοπιστωτικού κινδύνου που αντιμετωπίζουν τα ιδρύματα και οι επιχειρήσεις, η δομή και η λειτουργία του πιστωτικού κινδύνου και ο τρόπος μοντελοποίησης του. Στη συνέχεια ακολουθεί η ανάλυση του μοντέλου του Merton στη εξελιγμένη περίπτωση του KMV (Kealhofer, McQuown and Vasicek) μοντέλου. Τέλος, πραγματοποιείται μια δοκιμή του μοντέλου, χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα, ώστε να εξεταστεί η Πιθανότητα Αθέτησης διάφορων εταιρειών, βάσει διαφορετικών χρηματοοικονομικών συνθηκών.

**Λέξεις Κλειδιά:** Πιστωτικός Κίνδυνος, Πιθανότητα Αθέτησης (PD), Απόσταση από Αθέτηση (DD), KMV, Merton.



# Abstract

Default risk is defined as the uncertainty surrounding the ability of a company or a natural person to fulfill their debts and obligations. In order to offset the lenders' uncertainty, risk management in the financial sector is one of the most important research subjects in this field, performing a series of probabilistic assessments on the likelihood of default by using a series of models for the aforementioned predictions. The aim of the present paper is the analysis of the structure and basic parameters of credit risk in the context of Merton's models. This paper studies bibliographically the basic concepts and parameters for application of the aforementioned models. Firstly, there is an analysis of the concepts of financial risk faced by institutions and businesses, the structure and function of credit risk, and the way of modelling it; this is followed by an analysis of Merton's model in the advanced case of the KMV model (Kealhofer, McQuown and Vasicek). Lastly, a trial of the model is implemented, using real data in order to examine the Default Possibility for various companies based on different financial circumstances.



# Περιεχόμενα

<b>Κατάλογος Διαγραμμάτων</b>	<b>x</b>
<b>Κατάλογος Πινάκων</b>	<b>xi</b>
<b>1 Η Φύση του Κινδύνου</b>	<b>1</b>
1.1 Εισαγωγή . . . . .	1
1.2 Επισκόπηση Κινδύνου . . . . .	2
1.3 Είδη Κινδύνου . . . . .	6
1.4 Διαχείριση Κινδύνου ως επιχειρηματική διαδικασία . . . . .	10
1.5 Ανακεφαλαίωση . . . . .	14
<b>2 Ο Πιστωτικός Κίνδυνος</b>	<b>16</b>
2.1 Εισαγωγή . . . . .	16
2.2 Η Έννοια του Πιστωτικού Κινδύνου . . . . .	17
2.3 Παράγοντες Πιστωτικού Κινδύνου . . . . .	18
2.3.1 Κίνδυνος Αθέτησης . . . . .	19
2.3.2 Κίνδυνος Απώλειας . . . . .	20
2.3.3 Κίνδυνος Έκθεσης . . . . .	22
2.4 Υποδείγματα Πιστωτικής Βαθμολόγησης . . . . .	22
2.4.1 Υποκειμενική Πιστωτική Ανάλυση . . . . .	23
2.4.2 Μοντέλο λογιστικής Παλινδρόμησης . . . . .	24
2.4.3 Μοντέλο Διακριτικής Ανάλυσης . . . . .	26
2.5 Πιστωτικές Διαβαθμίσεις . . . . .	28
2.6 Ανακεφαλαίωση . . . . .	32
<b>3 Μοντέλα Πρόβλεψης Αθետήσεων</b>	<b>34</b>
3.1 Εισαγωγή . . . . .	34
3.2 Το μοντέλο του Merton . . . . .	35
3.3 Το μοντέλο Merton's KMV . . . . .	39
3.4 Το Μοντέλο VK . . . . .	42

---

3.5	Βραχυπρόθεσμο και Μακροπρόθεσμο χρέος . . . . .	43
3.6	Ανακεφαλαίωση . . . . .	46
<b>4</b>	<b>Δοκιμή μοντέλου</b>	<b>48</b>
4.1	Εισαγωγή . . . . .	48
4.2	Εκτίμηση Παραμέτρων . . . . .	48
4.3	Παρούσιαση και Ανάλυση Δεδομένων . . . . .	50
4.4	Συμπεράσματα . . . . .	55
4.5	Ανακεφαλαίωση . . . . .	56



# Κατάλογος Διαγραμμάτων

1.1 Αποτελέσματα του P&L .....	4
1.2 Κατανομές με και χωρίς κατάταξη Κινδύνου .....	5
1.3 Κατηγορίες Κινδύνου .....	6
1.4 Βήματα δραστηριοτήτων διαχείρισης του Κινδύνου .....	11
2.1 Παράγοντες Πιστωτικού Κινδύνου .....	18
3.1 Κατανομή της αξίας του ενεργητικού .....	41
3.2 Δύο κατηγορίες χρέους .....	44
4.1 Σύγκριση των DD .....	51
4.2 Σύγκριση των PD .....	52
4.3 Σχέση μεταξύ των DD & PD .....	52
4.4 Συγκρίσεις Μ.Τ. των DD .....	53
4.5 Συγκρίσεις Μ.Τ. των PD .....	53
4.6 DD και Αξία των 3ων κλάδων (2017) .....	54



# Κατάλογος Πινάκων

2.1 Κλίμακες Διαβάθμισης .....	29
2.2 Μέση αθροιστική πιθανότητα (%), 1970 - 2015 (Moody's) .....	30
2.3 Recovery Rate εταιρικών ομολόγων ως ποσοστό της ονομαστικής αξίας 1983 - 2015 .....	32
2.4 DD & PD για τα τρία δείγματα του έτους 2017 .....	50

# Κεφάλαιο 1

## Η Φύση του Κινδύνου

### 1.1 Εισαγωγή

Ο Κίνδυνος ως κοινωνιολογικός όρος αποτελεί μια αρκετά αφηρημένη και φιλοσοφική έννοια που επηρεάζεται και επηρεάζει με ποικίλους τρόπους τις καταστάσεις, τις συνθήκες, το μέγεθος της πιθανής απώλειας και εν τέλει τους ανθρώπους. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την αβέβαιη αυτή κατάσταση ή συνθήκη, καθίσταται δύσκολο να τα προβλέψει κανείς. Κατά αυτή την έννοια, ο κίνδυνος καθίσταται να είναι μια αβέβαιη κατάσταση, χωρίς γνώση πότε θα συμβεί ένα τέτοιο γεγονός και συνέπειες θα ακολουθήσουν.

Στο χρηματοοικονομικό κλάδο κατά τη πάροδο των χρόνων, η ερμηνεία του κινδύνου έχει χαρακτηριστεί με διάφορους τρόπους που καθιστούν δύσκολη τη κατανόηση του. Κάποιοι ορισμοί επικεντρώνεται στη πιθανότητα να συμβεί κάποιο γεγονός, άλλοι αναφέρονται στην αβεβαιότητα των αποτελεσμάτων, θετικών και αρνητικών [4]. Σε γενικές γραμμές μπορεί να ειπωθεί ότι ο Κίνδυνος στο χρηματοοικονομικό κλάδο, πάντα θα υπάρχει και ως εκ τούτου η μέτρηση και η διαχείριση του θεωρείται από τις σημαντικότερες διαδικασίες.

Ο χρηματοοικονομικός κίνδυνος σχετίζεται άμεσα με την πιθανότητα απώλειας χρημάτων σε μια επένδυση ή μια επιχείρηση. Οι πιο συνηθισμένοι και διακριτοί χρηματοοικονομικοί κίνδυνοι περιλαμβάνουν τον πιστωτικό κίνδυνο, τον κίνδυνο ρευστότητας και τον λειτουργικό κίνδυνο. Ο χρηματοοικονομικός κίνδυνος είναι ένας τύπος κινδύνου που μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια κεφαλαίου για τα ενδιαφερόμενα μέρη. Για τις κυβερνήσεις των χωρών, αυτό μπορεί να σημαίνει ότι δεν είναι σε θέση να ελέγξουν τη νομισματική πολιτική και την αθέτηση χρεογράφων ή άλλων εκδόσεων χρέους. Οι επιχειρήσεις αντιμετωπίζουν επίσης την πιθανότητα αθέτησης υποχρεώσεων στο χρέος

---

που αναλαμβάνουν, αλλά ενδέχεται επίσης να αντιμετωπίσουν αποτυχία σε μια επιχείρηση που προκαλεί οικονομική επιβάρυνση για την επιχείρηση. Οι χρηματοπιστωτικές αγορές αντιμετωπίζουν χρηματοοικονομικό κίνδυνο λόγω διαφόρων μακροοικονομικών δυνάμεων, μεταβολών στο επιτόκιο της αγοράς και της πιθανότητας αθέτησης υποχρεώσεων από τομείς ή μεγάλες εταιρείες. Τα φυσικά πρόσωπα αντιμετωπίζουν τον οικονομικό κίνδυνο όταν λαμβάνουν αποφάσεις που ενδέχεται να θέσουν σε κίνδυνο το εισόδημά τους ή την ικανότητα να πληρώσουν ένα χρέος που έχουν αναλάβει. Οι οικονομικοί κίνδυνοι παρουσιάζονται σε πολλά σχήματα και μεγέθη, επηρεάζοντας ένα μεγάλο φάσμα εμπλεκόμενων. Η γνώση των κινδύνων και η προστασία από αυτούς δεν θα εξαλείψει τον κίνδυνο, αλλά μπορεί να μετριάσει τις δυσμενείς τους συνέπειες και να μειώσει τις πιθανότητες για αρνητικό αποτέλεσμα.

Η πρώτη ενότητα του κεφαλαίου αναφέρεται στον κίνδυνο ως χρηματοοικονομικό όρο με σκοπό τη κατανόηση του βάσει των αποτελεσμάτων του στις επιχειρήσεις. Στη συνέχεια, κατά τη δεύτερη ενότητα αναφέρονται και αναλύονται τα σημαντικότερα είδη του κινδύνου. Τέλος η Τρίτη ενότητα αναλύει τις βασικές δραστηριότητες που εκτελεί ο επιχειρηματικός κλάδος, για τη διαχείριση του κινδύνου.

## 1.2 Επισκόπηση Κινδύνου

Στο Χρηματοοικονομικό κλάδο, ο Κίνδυνος είναι η αβεβαιότητα ή η Πιθανότητα εμφάνισης ενός θετικού ή/και αρνητικού γεγονότος. Σε οικονομικούς όρους το αρνητικό γεγονός αναφέρεται ως απώλεια, για παράδειγμα στον επιχειρηματικό κλάδο η απώλεια είναι αυτή που σχετίζεται με τη βλάβη μιας μηχανής ή μια οικολογική καταστροφή την οποία εκμεταλλεύεται, ενώ στον τραπεζικό σχετίζεται με απώλειες σε χρηματοοικονομικά προϊόντα [19]. Για να ορισθεί όμως ο χρηματοοικονομικός κίνδυνος, πρέπει να εξεταστεί η αβεβαιότητα των αποτελεσμάτων του στο μέλλον και η χρησιμότητα αυτών.

Τα αποτελέσματα διακρίνονται σε δύο είδη. Το αποτέλεσμα με το αναμενόμενο κόστος (expected cost) αφορά την προβλεπόμενη ή αναμενόμενη απώλεια π.χ. Λειτουργικά έξοδα, ενώ το μη-αναμενόμενο κόστος (unexpected cost), πέρα από τις απώλειες που παρατηρούνται, αναφέρεται σε μια καταστροφική απώλεια, η οποία επηρεάζει την καθημερινότητα.<sup>1</sup> Πιο συγκεκριμένα, ορισμένα αναμενόμενα κόστη δημιουργούνται από τις ίδιες τις αν-

---

<sup>1</sup>Είναι έξοδα που σχετίζονται με τη καθημερινή συντήρηση της επιχείρησης. Περιλαμβάνει ενοίκιο, μισθούς, έξοδα ταξιδιού, τραπεζικές χρεώσεις, κ.α., δε περιλαμβάνει όμως δαπάνες κεφαλαίων [7].

---

θρώπινες ανάγκες όπως η τροφή, τα δάνεια, τα δίδακτρα κ.α., τα οποία όμως συμπεριλαμβάνονται στον ετήσιο προϋπολογισμό. Αν και αποτελούν σημαντικά κόστη, δεν λαμβάνονται ως απειλή, διότι είναι προϋπολογισμένα και εντός πλάνου. Αντίθετα, στα μη-αναμενόμενα κόστη ο πραγματικός κίνδυνος εγείρεται ξαφνικά, με απροσδόκητο τρόπο, επηρεάζοντας την ανθρώπινη ζωή, καθώς αντλεί χρήματα από τον ετήσιο προϋπολογισμό. Ο κίνδυνος, σε αυτή την περίπτωση, δεν είναι συνώνυμος με το μέγεθος του κόστους, αλλά με τη μεταβλητότητά του.

Ο όρος “Κίνδυνος” έχει αποκτήσει αρνητική χροιά, καθώς έχει συσχετιστεί με μειονεκτήματα ή/και κακές εκβάσεις. Στην προσπάθεια κατανόησης και ανάλυσης του χρηματοπιστωτικού κινδύνου, ο περιορισμός στις επιπτώσεις θεωρείται λάθος. Η εκτίμηση και η διαχείριση του κινδύνου, μπορεί να αναδείξει τόσο την αξιοποίηση ευκαιριών, όσο και την αποφυγή μελλοντικών αρνητικών επιπτώσεων. Ο κίνδυνος επικεντρώνεται στα αρνητικά μέτρα, όπως η μεταβλητότητα (Volatility).<sup>2</sup> Όσο μεγαλύτερη είναι η μεταβλητότητα, τόσο χειρότερα είναι τα αποτελέσματα, ενώ αντίστροφα όσο μικρότερη, τόσο καλύτερα. Κατ’ επέκταση, εμφανίζονται δύο κατηγορίες κινδύνου, αυτή που σχετίζεται με τις ευκαιρίες και αυτή που σχετίζεται με τις αρνητικές επιπτώσεις, την ανοδική ευκαιρία (Upside Risk – Opportunity) και την καθοδική (Downside Risk) αντίστοιχα. Αναφέρονται και ως οι δύο όψεις του ίδιου νομίσματος, δηλαδή στην περίπτωση που μια επένδυση έχει υψηλό βαθμό κινδύνου είτε τα κέρδη πιθανότατα θα είναι υψηλά είτε οι απώλειες θα είναι μεγάλες. Οι επιτυχημένοι χρηματοπιστωτικοί οργανισμοί ελέγχουν αποτελεσματικά την καθοδική ευκαιρία και εκμεταλλεύονται την ανοδική ευκαιρία.

Γίνεται κατανοητό ότι ο Κίνδυνος συνδυάζει την αβεβαιότητα και τη χρησιμότητα των μελλοντικών αποτελεσμάτων. Για τους χρηματοπιστωτικούς ομίλους, τα μελλοντικά αποτελέσματα αποτελούν κέρδη μετρούμενα σε χρηματικές μονάδες (π.χ. δολάριο) ή μονάδες απόδοσης. Τα εν λόγω κέρδη συνοψίζονται στο P&L (Profit and Loss), θεωρούνται σημαντικά και εξαιτίας αυτού η μεγιστοποίησή τους αποτελεί το βασικό σκοπό του ομίλου.<sup>3</sup> Η φήμη, η βαθμολογία κ.ά. αποτελούν δευτερεύοντες σκοπούς, χωρίς όμως να υποβαθμίζονται και να αγνοούνται.

Από στατιστική άποψη, η αβεβαιότητα στα κέρδη περιγράφεται από κάποια Κατανομή ή κάποια Συνάρτηση Πυκνότητας. Η Κατανομή και η Συνάρτηση Πυκνότητας σχεδιάζουν πολλά πιθανά αποτελέσματα για το P&L, όπου τα

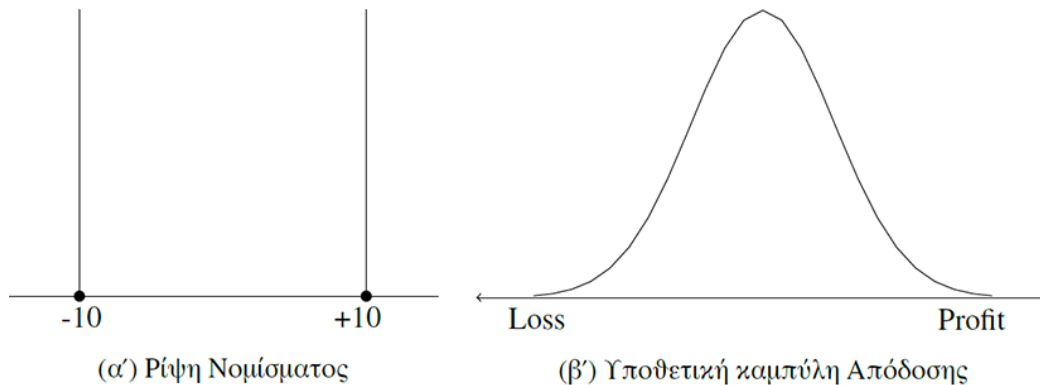
---

<sup>2</sup>Η μεταβλητότητα είναι στατιστικό μέτρο της διασποράς για δεδομένο δείκτη της αγοράς.

<sup>3</sup>Το P&L είναι η οικονομική κατάσταση αποτελεσμάτων που συνοψίζει τα έσοδα και τα έξοδα καθορισμένα συνήθως τριμήνου. Περιέχουν πληροφορίες σχετικά με την ικανότητα ή την αδυναμία μιας επιχείρησης.

---

κέρδη μπορεί να είναι είτε μεγάλα είτε μικρά. Το Διάγραμμα 1.1 δείχνει τα πιθανά αποτελέσματα του P&L, κατά το ποντάρισμα \$10 στη ρίψη ενός αμερόληπτου νομίσματος (μόνο δύο πιθανά αποτελέσματα) και μια υποθετική καμπύλη απόδοσης (πολλά πιθανά αποτελέσματα).



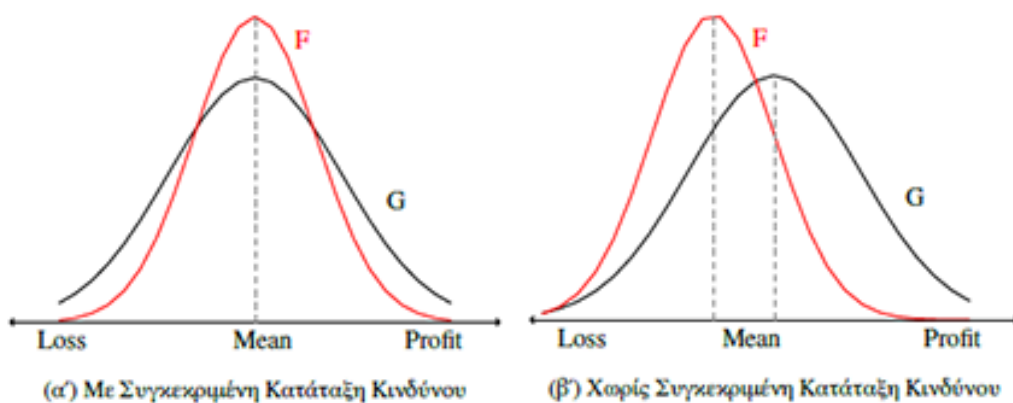
**Διάγραμμα 1.1:** Αποτελέσματα του P&L

Ο κατακόρυφος άξονας απεικονίζει την πιθανότητα να συμβεί το συγκεκριμένο γεγονός, ενώ ο οριζόντιος απεικονίζει το επίπεδο του κέρδους (Profit) ή της απώλειας (Loss). Στο Διάγραμμα 1.1 (α) κάθε αποτέλεσμα έχει 50% πιθανότητα να συμβεί. Ενώ το Διάγραμμα 1.1 (β) απεικονίζει το εύρος των πιθανών αποτελεσμάτων, όπου κάθε ένα έχει μια πιθανότητα να συμβεί [8]. Κατά αυτόν τον τρόπο, η συγκεκριμένη κατανομή περιέχει όλες τις πιθανές πληροφορίες για τα τυχαία αποτελέσματα που θα προκύψουν.

Δοθέντος του επιπέδου κέρδους ή απώλειας, ο επενδυτής έρχεται σε θέση να αποφασίσει τον τρόπο κατά τον οποίο θα επωφεληθεί από την επένδυση. Οι επιλογές που διαθέτει είναι είτε να ακολουθήσει τις πληροφορίες που θα του διαθέσει η συγκεκριμένη κατανομή, είτε να δράσει αυτόβουλα, μη λαμβάνοντας υπόψη την εν λόγω κατανομή. Στην περίπτωση που πράξει βάσει κατανομής, η απόφαση του θα έχει επηρεαστεί από την αξία των θετικών αποτελεσμάτων σε σύγκριση με τα αρνητικά.

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία κατανομών για την εκτίμηση των αποτελεσμάτων, όμως δεν υπάρχει συγκεκριμένη βαθμολογία για το ποια είναι κατάλληλη ως προς την εκτίμηση των αποτελεσμάτων. Το Διάγραμμα 1.2 περιγράφει δύο παραδείγματα, το (α) με μοναδική κατάταξη κινδύνου και το(β) χωρίς μοναδική κατάταξη κινδύνου. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζουν τη σύγκριση δύο κατανομών, της Κατανομής Κατανομή F με την Κατανομή G.

Στο Διάγραμμα 1.2 (α) οι δύο κατανομές έχουν τον ίδιο μέσο, όμως η F έχει μικρότερη διασπορά και η συνάρτηση πυκνότητας της βρίσκεται μέσα



**Διάγραμμα 1.2:** Κατανομές με και χωρίς κατάταξη Κινδύνου

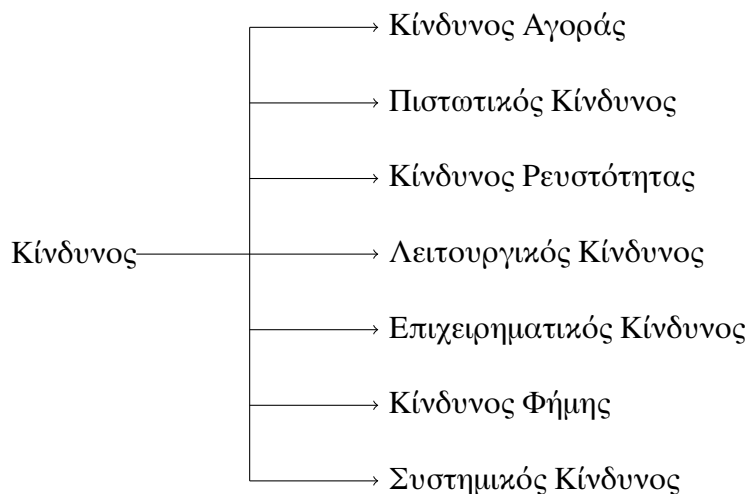
στη G, με αποτέλεσμα η G να θεωρείται περισσότερο “Risky” (επικίνδυνη) και η επιλογή της να είναι σπάνια. Το Διάγραμμα 1.2 (β) είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα, διότι δεν υπάρχει μοναδική κατάταξη κινδύνου. Η κατανομή F έχει μικρότερη διασπορά αλλά μικρότερο μέσο, αντίθετα η κατανομή G έχει μεγαλύτερη διασπορά όμως μεγαλύτερο μέσο. Στην περίπτωση αυτή, δεν υπάρχει συγκεκριμένη απάντηση ποια από τις δύο κατανομές είναι πιο “Risky”. Συμπερασματικά, καταλήγουμε ότι η σωστή επιλογή κατανομής και ορισμού κινδύνου, εξαρτάται σε πρώτο στάδιο από τις προτιμήσεις των αποτελεσμάτων που αποφέρει μια επένδυση. Με αυτό τον τρόπο, δικαιολογείται η άποψη, ότι οι κινήσεις ενός επενδυτή εξαρτώνται από τη βούληση του [8].

Σε αυτή την ενότητα μελετήθηκε ο Κίνδυνος ως μια γενικά έννοια στον κλάδο των χρηματοοικονομικών. Συνδυάζεται άμεσα με την αβεβαιότητα και επί τούτου τα γεγονότα που προκύπτουν, να μην καθιστούν γνωστό εάν έχουν αρνητικά ή/και θετικά αποτελέσματα. Αναλύθηκαν τα είδη των αποτελεσμάτων που προκύπτουν κατά την εμφάνιση του, καθώς και πως αυτά ενδέχεται να επηρεάσουν τη λειτουργικότητα μιας εταιρείας ή ενός νοικοκυριού. Συγκεκριμένα συζητήθηκε ο τρόπος με τον οποίο μέσα από την εκτίμηση και τη διαχείριση του κινδύνου, αναδεικνύονται ευκαιρίες και αποκτάται γνώση για την αποφυγή μελλοντικών επιπτώσεων, βάση της επιθυμίας του εκάστοτε αναλυτή. Στη επόμενη ενότητα αναλύεται η δομή τα είδη από τα οποία αποτελείται ο κίνδυνος.

---

## 1.3 Είδη Κινδύνου

Στην ενότητα αυτή θα αναλυθούν τα είδη στα οποία κατηγοριοποιείται ο κίνδυνος. Κατά κύριο λόγο η δομή του κινδύνου κατηγοριοποιήθηκε από τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα. Θεωρητικά, όσο ολοκληρωμένη και αναλυτική είναι η κατηγοριοποίηση του, τόσο ευκολότερη καθιστά τη «σύλληψη» του.



**Διάγραμμα 1.3:** Κατηγορίες Κινδύνου

Πρακτικά, η διαδικασία περιορίζεται στο επίπεδο της πολυπλοκότητας του μοντέλου με βάση το διαθέσιμο επίπεδο τεχνολογίας και κεφαλαίων που διαθέτει το ίδρυμα για την ανάλυση και τον εντοπισμό του κινδύνου. Το Διάγραμμα 1.3 δείχνει τις αρχική κατηγοριοποίηση του κινδύνου [11].

### **Κίνδυνος Αγοράς**

Κίνδυνος Αγοράς (Market Risk) ονομάζεται ο Κίνδυνος απώλειας ή ζημιών λόγω των δυσμενών κινήσεων των παραγόντων της αγοράς, όπου μειώνεται η αξία των θέσεων (χρεογράφου ή/και χαρτοφυλακίου) που έχουν οι επενδυτές [4]. Η αρνητική μεταβολή της αξίας μπορεί να αφορά όλη την αγορά, όπως επίσης και μια συγκεκριμένη συναλλαγή (π.χ. συναλλαγή ισοτιμίας νομίσματος). Ο κίνδυνος αυξάνεται από ανοιχτές (δλδ μη-αντισταθμισμένες) θέσεις, είτε από θέσεις οι οποίες δεν έχουν αντισταθμιστεί σωστά [11].<sup>4</sup> Οι παράγοντες έχουν αντίκτυπο στη συνολική απόδοση της χρηματοοικονομικής αγοράς και κυμαίνονται τυχαία, επίσης ονομάζονται και παράγοντες κιν-

---

<sup>4</sup>Η αντιστάθμιση είναι μια συνοδευτική επενδυτική θέση που αποσκοπεί την αντιστάθμιση πιθανών ζημιών ή κερδών που ενδέχεται να προκύψουν από την αρχική επένδυση [4]

---

δύνου. Οι συγκεκριμένοι παράγοντες ποικίλουν και το σύνολο τους αποτελεί τον κίνδυνο αγοράς, κάποιιο από αυτούς είναι [22]:

1. Συναλλαγματικός Κίνδυνος (Currency Risk): Ο κίνδυνος αύξησης ή μείωσης των συναλλαγματικών ισοτιμιών.
2. Κίνδυνος Μετοχών (Equity Risk): Ο κίνδυνος αύξησης ή μείωσης των μετοχών
3. Κίνδυνος Πληθωρισμού (Inflation Risk): Ο κίνδυνος της πιθανότητας να αυξηθούν οι τιμές όλων των αγαθών και υπηρεσιών έτσι ώστε να υπονομεύει την αξία του χρήματος.
4. Κίνδυνος Εμπορευμάτων (Commodity Risk): Η πιθανότητα να πραγματοποιηθεί δραματική μεταβολή στην αξία εμπορευμάτων, όπως το μέταλλο.
5. Κίνδυνος Επιτοκίου (Interest Rate Risk): Ο κίνδυνος που προκύπτει από αυξομειώσεις της τιμής των επιτοκίων.

### ***Πιστωτικός Κίνδυνος***

Ο Πιστωτικός Κίνδυνος (Credit Risk) είναι ο κίνδυνος της μείωσης της αξίας της αγοράς ή ο κίνδυνος αθέτησης του οφειλέτη να εκπληρώσει τις υποχρεώσεις του, προκαλώντας μεταβολή της πιστωτικής ποιότητας του εκδότη ή/και του αντισυμβαλλόμενου. Κυρίως αναφέρεται στον κίνδυνο ο οφειλέτης (επενδυτής, ιδρύματα) να αθετήσει οποιοδήποτε είδος χρέους λόγω της αδυναμίας πραγματοποίησης ολόκληρου (το χειρότερο σενάριο) ή μέρους των απαιτούμενων πληρωμών, οπότε ο εκδότης χάνει μέρος ή ολόκληρη την αξία της θέσης του. Η απώλεια από αθέτηση αφορά κεφάλαια, τόκους, κ.α., οπότε με τη πάροδο του χρόνου γεννάται μια συλλογή από αυξημένα κόστη. Αν για παράδειγμα, η πιστωτική ποιότητα ενός αντισυμβαλλόμενου επιδεινωθεί, το δάνειο που έχει λάβει από τον εκδότη καθίσταται όλο και πιο επικίνδυνο [19]. Δεν θα αναλυθεί περεταίρω ο Πιστωτικός Κίνδυνος σε αυτή την ενότητα διότι παρακάτω αφιερώνεται ολόκληρο κεφάλαιο για την ανάλυση του.

### ***Κίνδυνος Ρευστότητας***

Ο Κίνδυνος Ρευστότητας (Liquidity Risk) αναφέρεται στη περίπτωση ενός χρηματοοικονομικού ιδρύματος να μην κατέχει τη δυνατότητα να συγκεντρώσει τα απαραίτητα μετρητά ώστε να εκπληρώσει τις απαιτούμενες



---

ανάγκες για μία ή περισσότερες μελλοντικές περιόδους. Το κόστος που θα προκύψει από την αντιστάθμιση της συγκέντρωσης μετρητών ενδέχεται να είναι μεγάλο, αναλόγως τη θέση που κατέχει το ίδρυμα, ενώ σε ακραία περίπτωση ενδέχεται να χάσει πρόσβαση στις χρηματοοικονομικές υπηρεσίες, όπως πίστωση, καταθέσεις, ασφάλιση, κ.α.. Καταλήγοντας στο γεγονός ότι για την επιβίωση των χρηματοοικονομικών ιδρυμάτων, πρέπει να πειστούν οι πάροχοι κεφαλαίων ότι θα πάρουν πίσω τα κεφάλαια που διέθεσαν [30].

Στον Κίνδυνο Ρευστότητα περιλαμβάνονται, ο Κίνδυνο Ρευστότητας Χρηματοδότησης και ο Κίνδυνο Ρευστότητας Περιουσιακών Στοιχείων. Ο πρώτος σχετίζεται με τον κίνδυνο που αφορά το δανεισμό με σκοπό την άντληση μετρητών (αύξηση κεφαλαίου), ενώ ο δεύτερος είναι μια εναλλακτική μορφή συγκέντρωσης μετρητών, αυτή που πραγματοποιείται μέσω πωλήσεων περιουσιακών στοιχείων στην αγορά. Αυτές οι δύο κατηγορίες συνδέονται στενά, διότι χωρίς ρευστότητα κεφαλαίων δεν μπορούν να αγοραστούν περιουσιακά στοιχεία και αντίστροφα [4].

### ***Λειτουργικός Κίνδυνος***

Σύμφωνα με τη Βασιλεία II, ο Λειτουργικός Κίνδυνος (Operational Risk) ορίζεται ως ο Κίνδυνος άμεσης ή έμμεσης απώλειας που προκύπτει από ανεπαρκείς ή αποτυχημένες εσωτερικές ή/και εξωτερικές διαδικασίες [3][19]. Οι διαδικασίες αφορούν τις μη αναμενόμενες απώλειες που προκύπτουν από τα ανεπαρκή πληροφοριακά συστήματα, αποτυχία διαχείρισης του κινδύνου, ελαττωματικό έλεγχο, απάτη ή και ανθρώπινο λάθος [10]. Ως παράδειγμα υπάρχει ο εσφαλμένος υπολογισμός της αξίας ενός παραγώγου (derivative) που έχει στην αγορά, με αποτέλεσμα να αντισταθμιστεί λανθασμένα [14].

Στο λειτουργικό κίνδυνο συμπεριλαμβάνεται επιπλέον ο Νομικός και Ρυθμιστικός Κίνδυνος (Legal and Regulatory Risk), ο οποίος αφορά αλλαγές στους κανονισμούς, στα λογιστικά πρότυπα και τους φορολογικούς κανόνες. Οι αλλαγές που θα εφαρμοστούν ενδέχεται να προκαλέσουν απρόβλεπτες απώλειες και έλλειψη ευελιξίας[14]. Επιπλέον, αφορά και μηνύσεις που δέχονται τα ιδρύματα από αντισυμβαλλόμενους οι οποίοι έχασαν χρήματα από μια συναλλαγή, ώστε να μην εκπληρώσουν τις υποχρεώσεις τους [1].

### ***Επιχειρηματικός Κίνδυνος***

Ο Επιχειρηματικός Κίνδυνος (Business Risk) αναφέρεται και ως Στρατηγικός Κίνδυνος (Strategic Risk), εμφανίζεται από ριψοκίνδυνες επιχειρηματικές στρατηγικές, κατά τις οποίες τα κόστη τους ενδέχεται να υπερβούν τα σταθερά έσοδα. Αφορά τα έσοδα και τα κεφάλαια που προέχονται από ε-

---

πενδύσεις οι οποίες έχουν υψηλό βαθμό αβεβαιότητας για την επιτυχία και τη κερδοφορία τους και επηρεάζονται από αλλαγές στο επιχειρησιακό περιβάλλον [19].

Ένα κλασικό παράδειγμα είναι η λειτουργία του βιομηχανικού κλάδου. Αντιμετωπίζει το βαθμό αβεβαιότητας βασικών καθηκόντων διαχείρισης. Κάποιοι από αυτούς είναι, η αβεβαιότητα της ζήτησης ενός καινούριου προϊόντος, η τιμή που θα ορισθεί προς πώληση, η εγκυρότητα του προμηθευτή, το κόστος παραγωγής, οι επιλογές και το κόστος της διακίνησης, κ.α. Στη περίπτωση που κάποιο από αυτά ή κάποιο σύνολο αυτών των εγχειρημάτων δεν πετύχουν, οι επιχειρήσεις συνήθως υποφέρουν από μεγάλα χρέη, επηρεάζοντας έτσι και τη φήμη των επενδυτών [10].

### ***Συστημικός Κίνδυνος***

Ως Συστημικός Κίνδυνος (Systemic Risk) ορίζεται ως ο κίνδυνος διακοπής του χρηματοπιστωτικού συστήματος, έχοντας ως αποτέλεσμα αρνητικές συνέπειες για την οικονομία. Συστημικοί θεωρούνται όλοι οι τύποι χρηματοπιστωτικών διαμεσολαβητών, αγορών και υποδομών, οι οποίοι κρίνονται σημαντικοί [26]. Ο κίνδυνος διακοπής της αγοράς, ενδέχεται να προκαλείται από πολλαπλές αθετήσεις, τύπου ντόμινο, οι οποίες προκαλούν απώλειες ρευστότητας. Περιλαμβάνει σημαντικό αριθμό ευρύτερων εννοιολογικών ζητημάτων που σχετίζονται με θεσμικά χαρακτηριστικά του χρηματοπιστωτικού συστήματος, για το λόγο αυτό η αναφορά του περιορίζεται στα παραπάνω [14].

### ***Κίνδυνος Φήμης***

Ο Κίνδυνος Φήμης (Reputation Risk) περιλαμβάνεται σε έναν οργανισμό που ενεργεί, συμπεριφέρεται και εκτελεί διαδικασίες με τρόπο που δεν ανταποκρίνεται στις προσδοκίες των ενδιαφερόμενων [23]. Οι ενέργειες που προκαλούν αρνητικό αντίκτυπο στη φήμη ποικίλουν, κάποιες από αυτές αναφέρονται στη παρακάτω λίστα [28]:

- Λογιστικά Σκάνδαλα
- Απόκρυψη πληροφοριών όπως κέρδη/απώλειες
- Αποτυχία Χρεογράφων
- Ελάττωμα προϊόντων/υπηρεσιών
- Κακή συμπεριφορά/ενέργειες προσωπικού
- Αθέμιτες εργασιακές πρακτικές

- 
- Πρόκληση βλάβης σε περιβάλλον/υγεία/ασφάλεια
  - Κακή διακυβέρνηση
  - Παρέμβαση στους ρυθμιστικούς κανόνες
  - Νομικές απειλές

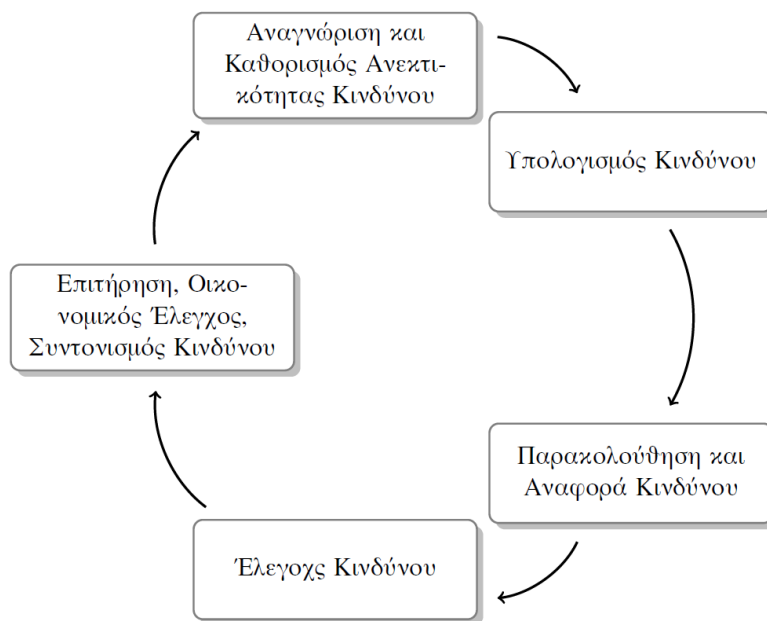
Παρόλο που δεν σχετίζεται άμεσα με τα αποτελέσματα, το αρνητικό αντίκτυπο στη φήμη, προκαλεί οικονομικές απώλειες. Γίνεται κατανοητό το γεγονός ότι ο κίνδυνος φήμης αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους κινδύνους που απειλεί έναν οργανισμό [7].

Στην συγκεκριμένη ενότητα οι κατηγορίες που αναλύθηκαν από τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα θεωρούνται σημαντικότερες από όλες τις κατηγορίες κινδύνου. Εισχωρώντας πιο βαθιά στην ανάλυση του, εμφανίζονται επιπλέον κατηγορίες που προκύπτουν είτε από την βιομηχανία που ανήκει μια εταιρεία είτε από τον τρόπο λειτουργίας της. Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι όσο καλύτερη και πιο «βαθιά» είναι η ανάλυση της κάθε κατηγορίας κινδύνου, τόσο καλύτερη και ευκολότερη γίνεται η διαχείριση του, με σκοπό την αποφυγή αρνητικών αποτελεσμάτων. Στην επόμενη ενότητα συζητάτε ο τρόπος με τον οποίο ένα ίδρυμα διαχειρίζεται τον κίνδυνο ως μια επιχειρηματική διαδικασία.

## 1.4 Διαχείριση Κινδύνου ως επιχειρηματική διαδικασία

Στη προηγούμενη ενότητα παρουσιάστηκαν συνοπτικά διάφορα είδη Κινδύνου που καλείται να αντιμετωπίσει ένας οργανισμός. Όταν ο οργανισμός έρθει αντιμέτωπος με κάποιο είδος κινδύνου, ο τρόπος με τον οποίο θα τον διαχειριστεί, καθορίζει και τη «κουλτούρα κινδύνου» που θα έχει. Για παράδειγμα μια συμβατική εταιρεία έχει ως πρωταρχικό σκοπό διαχείρισης τη μείωση του χρηματοοικονομικού κινδύνου, οπότε αυτή η διαδικασία καθορίζει και τη κουλτούρα κινδύνου της. Η μείωση του Κινδύνου συνήθως επιτυγχάνεται από ακριβά αναλυτικά συστήματα και δαπανηρές αντισταθμίσεις (πχ από ασφαλιστικές εταιρείες) με αποτέλεσμα τα συγκεκριμένα προϊόντα να έχουν υψηλό κόστος. Έτσι από την αποφυγή των καταστροφικών απωλειών, οι μέτοχοι ενδέχεται να έχουν πολύ χαμηλές μέχρι και μηδενικές απολαβές [11].

Η Διαχείριση Κινδύνου ως οργανωτική διαδικασία, διαχωρίζεται σε 5 γενικές δραστηριότητες οι οποίες έχουν τις ακόλουθες μορφές όπως εμφανίζονται στο παρακάτω Διάγραμμα 1.4 [11]. Ξεκινάει από την Αναγνώριση



**Διάγραμμα 1.4:** Βήματα δραστηριοτήτων διαχείρισης του Κινδύνου

και τον καθορισμό της ανεκτικότητας του, ακολουθεί ο υπολογισμός του, στη συνέχεια παρακολουθείται και πραγματοποιείται η αναφορά του, ακολουθεί ο έλεγχος του και τέλος γίνεται επιτήρηση, οικονομικός έλεγχος και συντονίζεται η διαχείριση του. Όμως στο τελευταίο βήμα ενδέχεται να χρειαστεί επιπλέον μελέτη, οπότε ακολουθείται ξανά η ίδια διαδικασία.

#### **Αναγνώριση και Καθορισμός ανεκτικότητας του κινδύνου**

Αφορά τη διαδικασία αναγνώρισης και ανίχνευσης του χρηματοοικονομικού κινδύνου, κατά την οποία υπάρχουν περιπτώσεις ανίχνευσης διαφορετικών ειδών ταυτόχρονα, στην οποία εκτίθενται οι οργανισμοί κατά την ομαλή πορεία λειτουργίας τους. Είναι από τις πιο σημαντικές διαδικασίες που πρέπει να λάβει υπόψη του ένας οργανισμός [11].

Ως παράδειγμα θεωρούμε μια αεροπορική εταιρεία η οποία εκτελεί δρομολόγιο με επιστροφή Η.Π.Α. – Γερμανία. Κάποιοι από τους προφανείς κινδύνους που ενδέχεται να αντιμετωπίσει είναι είτε μια πιθανή πτώση του αεροσκάφους, είτε καθυστερήσεις στα δρομολόγια λόγω καιρικών φαινομένων είτε και απώλεια πελατών. Όμως υπάρχουν κίνδυνοι που είναι λιγότερο προφανής αλλά ίδιας σημασίας, όπως η αύξηση της τιμή των καυσίμων ή διακυμάνσεις στις χρηματικές ισοτιμίες δολαρίου με ευρώ (Συστημικός Κίνδυνος). Χωρίς

---

την ανάλυση και τον έλεγχο των συγκεκριμένων κινδύνων θα επηρεαστεί η αξία της αεροπορικής εταιρείας [11].

Ο Καθορισμός Ανεκτικότητας του Κινδύνου αφορά τα όρια που θέτουνται από τους μελετητές για το μέγεθος της απώλειας που μπορεί να ανεχτεί μια εταιρεία κατά την έκθεση της στον κίνδυνο. Στη περίπτωση που δεν τεθεί κάποιο όριο ανοχής, δε θα υπάρχει γνώση πότε και σε ποιο βαθμό ο επενδυτής θα ξεπεράσει το όριο αυτό, με καταστροφικά αποτελέσματα για τον οργανισμό. Οι επιλογές που θέτουν το μέγεθος του ορίου πρέπει να είναι συνετές και να λειτουργούν με βάση την εμπειρία και τη στρατηγική των επενδυτών [1].

### ***Υπολογισμός Κινδύνου***

Ο υπολογισμός είναι η διαδικασία του ποσοτικού προσδιορισμού της έκθεσης στο κίνδυνο, με σκοπό τη σύγκριση του με τα επίπεδα ανοχής που τέθηκαν από τον οργανισμό. Ως δεύτερο στάδιο των δραστηριοτήτων αποτελεί κρίσιμο στοιχείο της διαχείριση του οργανισμού και απαιτείται να εκτελεστεί ορθά. Διαφορετικά, καθιστά δύσκολο το προσδιορισμό των ειδών και του μεγέθους του κινδύνου που εκτίθεται η εταιρεία [11].

### ***Παρακολούθηση και αναφορά του Κινδύνου***

Το στάδιο αυτό απαιτεί τη προσεκτική και συνεχή παρακολούθηση της αξίας των ανοιχτών θέσεων στην αγορά, ώστε να υπάρχει γνώση πότε ένας επενδυτής θα φτάνει ή/και θα ξεπεράσει το όριο ανοχής. Στη περίπτωση αυτή η επιχείρηση υπόκειται στο λειτουργικό κίνδυνο, συγκεκριμένα στο κίνδυνο της απάτης. Δηλαδή ο επενδυτής είναι πιθανόν να μπει στο πειρασμό να αποκρύψει πληροφορίες που αφορούν το μέγεθος της απώλειας ώστε να μη χάσει μελλοντική χρηματοδότηση από το αυτόματο κλείσιμο της θέσης του [1].

Επιπλέον υπάρχουν κίνδυνοι που ενδέχεται να αλλάξουν από μια υποκειμένη αλλαγή στη σύνθεση των περιουσιακών στοιχείων ή των υποχρεώσεων. Βασίζονται κυρίως στις μεταβολές των παραγόντων των ανοιχτών θέσεων και των τρέχων υποχρεώσεων/απαιτήσεων, επηρεάζοντας της χρηματικές ροές τους. Στο παράδειγμα της αεροπορικής εταιρείας, εμφανίζεται ο κίνδυνος αλλαγής στη κατηγορία των καυσίμων. Υπάρχει η περίπτωση κατά την οποία η προβλεπόμενη ποσότητα καυσίμων που έχει στη διάθεση της η εταιρεία να μην αρκεί, δηλαδή ελλείψεις στα περιουσιακά της στοιχεία. Υπάρχει όμως και η περίπτωση αύξησης της τιμής τους που μπορεί να οδηγήσει σε αθέτηση ή καθυστερήσεις πληρωμών, δηλαδή των υποχρεώσεων της [11].

---

## *Έλεγχος Κινδύνου*

Σχετίζεται με τις ενέργειες ελέγχου του κινδύνου που ακολουθεί ένας οργανισμός, με σκοπό να διατηρεί του επίπεδα κινδύνου χαμηλότερα από αυτά που τέθηκαν κατά τη διαδικασία δημιουργίας του ορίου ανοχής του. Εάν η διαδικασία δε λειτουργεί ορθά, δε θα συγκριθεί σωστά ο πραγματικός κίνδυνος με αυτόν που προβλέφθηκε να αντέχει, κατά το πρώτο στάδιο των δραστηριοτήτων, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ορθός καθορισμός των πράξεων που πρέπει να αναλάβει ο οργανισμός. Η εκτέλεση του ελέγχου πραγματοποιείται «εκ των προτέρων» ή «εκ των υστέρων» [11].

Η εκ των προτέρων διαδικασία περιλαμβάνει εσωτερικούς ελέγχους που αφορούν δραστηριότητες ανάληψης κινδύνων που τις εμποδίζουν «εκ των προτέρων» να τον αυξήσουν. Παραδείγματος χάρη ένας επενδυτής ζητάει εκ των προτέρων έλεγχο που αφορά τα όρια του πιστωτικού κινδύνου της συναλλαγής που τον ενδιαφέρει, με σκοπό να συγκριθεί ο πραγματικός κίνδυνος με αυτόν του προβλεπόμενου. Το δεύτερο περιλαμβάνει διαδικασίες συναλλαγής, εκκαθάρισης και αγορά ασφαλιστικών προϊόντων με σκοπό να καλυφθεί το κενό που δημιουργήθηκε «εκ των υστέρων»

## *Επιτήρηση, οικονομικός έλεγχος, συντονισμός και επανευθυγράμμιση της διαδικασίας*

Το τελευταίο στοιχείο που σχετίζεται με τη σωστή λειτουργία της διαχείρισης κινδύνου είναι ο οικονομικός έλεγχος, η επιτήρηση και ο σωστός συντονισμός της. Περιλαμβάνει από εξωτερικούς ελέγχους μέχρι και ελέγχους των μοντέλων που ποσοτικοποιούν την έκθεση στο κίνδυνο [11]. Αφορά κανόνες όπως επανεξέταση στρατηγικών, σωστό επανέλεγχο των ορίων ανοχής, τη περίπτωση εξέτασης αιτήσεων υπέρβασης του ορίου και ανάλυση αιτιών που οδήγησαν σε μεγάλα κέρδη ή μεγάλες απώλειες [20].

Όταν ο επενδυτής πλησιάσει το όριο ανοχής που έχει τεθεί, ενδέχεται να αιτηθεί προσωρινή επέκταση του ορίου αυτού και σε κάποιες περιπτώσεις επιπλέον αλλαγή στρατηγικής. Θα ήταν λάθος από πλευρά του διαχειριστή να μην επανεξετάσει την αίτηση του διότι ενδέχεται να έχει αντλήσει πληροφορίες ότι μελλοντικά θα αποδώσει. Έστω ένα παράδειγμα που αφορά μια ανοιχτή θέση για την οποία ο επενδυτής έχει μελετήσει και συλλέξει πληροφορίες ότι θα αποδώσει μέσω της αλλαγής πολιτικής συναλλαγματικών ισοτιμιών, συγκεκριμένα από την άρση κυβερνητικών ελέγχων. Θα ήταν καταστροφικό να μην πραγματοποιηθεί επανεξέταση με αποτέλεσμα να παραμείνουν τα όρια χαμηλά και να κλείσει η θέση γρήγορα. Έτσι ο οργανισμός χάνει τη δυνατότητα ενδεχόμενου κέρδους. Πιο συχνά όμως συμβαίνει το αντίθετο,

---

η αίτηση εγκρίνεται χωρίς μεγάλο έλεγχο, συνήθως λόγω φόρτου εργασίας από πλευράς διαχειριστή, διότι ένας τέτοιος παραγωγικός έλεγχος απαιτεί μεγάλη και ειλικρινή συζήτηση μεταξύ αυτού και του επενδυτή ακόμα και για αυτούς που κατέχουν μεγάλη και χρόνια εμπειρία. Η συζήτηση αφορά τους παράγοντες που οδήγησαν την ανοιχτή θέση σε αυτό το μέγεθος απώλειας και τη προοπτική έχει [1].

Σύμφωνα με τα παραπάνω μπορούμε εύκολα να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι η διαχείριση του κινδύνου απαιτεί να αναγνωρίσει, αξιολογήσει και να ελέγξει τον κίνδυνο. Για τους οργανισμούς η διαδικασία της διαχείρισης έρχεται αντιμέτωπη με έναν συνδυασμό κινδύνων που αναφέρθηκαν στη προηγούμενη ενότητα (όπως Market Risk, Credit Risk, κ.α.). Οι ορθές πρακτικές αναγνώρισης και αξιολόγησης του καθορίζουν ποιος απαιτείται να είναι υπεύθυνος και να εφαρμόσει τις διαδικασίες του.

## 1.5 Ανακεφαλαίωση

Στο παρόν κεφάλαιο μελετήθηκε η έννοια του κινδύνου στον χρηματοοικονομικό κλάδο, με σκοπό την κατανόηση των διαφόρων πτυχών του, βάσει των αποτελεσμάτων του στις επιχειρήσεις. Επίσης, αναλύθηκαν τα σημαντικότερα είδη του κινδύνου, ενώ παρουσιάστηκαν οι βασικές δραστηριότητες που εκτελεί ο επιχειρηματικός κλάδος, για τη διαχείριση του κινδύνου. Στο Χρηματοοικονομικό κλάδο, ο Κίνδυνος αποτελεί μια αβεβαιότητα ή μια Πιθανότητα εμφάνισης ενός θετικού ή/και αρνητικού γεγονότος.

Τα αποτελέσματα του κινδύνου στον χρηματοοικονομικό κλάδο διακρίνονται σε εκείνα με το αναμενόμενο κόστος, συνήθως έξοδα που σχετίζονται με τη καθημερινή συντήρηση της επιχείρησης και σε μη-αναμενόμενα κόστη, κατά τα οποία ο κίνδυνος δεν είναι συνώνυμος με το μέγεθος του κόστους, αλλά με τη μεταβλητότητά του, η οποία αποτελεί ένα στατιστικό μέτρο της διασποράς για έναν δεδομένο δείκτη της αγοράς. Από στατιστική άποψη, η αβεβαιότητα στα κέρδη περιγράφεται από κάποια Κατανομή ή κάποια Συνάρτηση Πυκνότητας, η οποία περιέχει όλες τις πιθανές πληροφορίες για τα τυχαία αποτελέσματα που μπορούν να προκύψουν, τα οποία μπορεί να ερμηνεύσει και να αξιοποιήσει ένας επενδυτής ώστε να είναι σε θέση να αποφασίσει τον τρόπο κατά τον οποίο θα επωφεληθεί από μια ενδεχόμενη επένδυση.

Ο κίνδυνος στον χρηματοοικονομικό κλάδο διακρίνεται σε Κίνδυνο Αγοράς, σε Πιστωτικό Κίνδυνο, σε Κίνδυνο Ρευστότητας, σε Λειτουργικό Κίνδυνο, σε Επιχειρηματικό Κίνδυνο, σε Κίνδυνο Φήμης και σε Συστημικό Κίνδυνο. Ο Κίνδυνος Αγοράς αποτελεί τον Κίνδυνο απώλειας ή ζημιών λόγω των δυσμενών κινήσεων των παραγόντων της αγοράς, που εμπεριέχουν τον Συναλλαγματικό

---

Κίνδυνο, δηλαδή τον κίνδυνο αύξησης ή μείωσης των μετοχών, τον Κίνδυνο Πληθωρισμού, που αποτελεί τον κίνδυνο αύξησης των τιμών των αγαθών, τον Κίνδυνο Εμπορευμάτων, που εμπεριέχει την πιθανότητα να πραγματοποιηθεί δραματική μεταβολή στην αξία εμπορευμάτων και τον Κίνδυνο Επιτοκίου που προκύπτει από αυξομειώσεις της τιμής των επιτοκίων.

Από την άλλη, ο Πιστωτικός Κίνδυνος αποτελεί τον κίνδυνο μείωσης της αξίας της αγοράς ή ο κίνδυνος αθέτησης του οφειλέτη να εκπληρώσει τις υποχρεώσεις του. Ο Κίνδυνος Ρευστότητας αναφέρεται στη περίπτωση αδυναμίας συγκέντρωσης των απαραίτητων μετρητά από ένα χρηματοοικονομικό ίδρυμα και περιλαμβάνει τον Κίνδυνο Ρευστότητας Χρηματοδότησης και τον Κίνδυνο Ρευστότητας Περιουσιακών Στοιχείων. Ο Λειτουργικός Κίνδυνος αποτελεί τον Κίνδυνο άμεσης ή έμμεσης απώλειας που προκύπτει από ανεπαρκείς ή αποτυχημένες εσωτερικές ή/και εξωτερικές διαδικασίες, ενώ ο Επιχειρηματικός Κίνδυνος, εμφανίζεται από ριψοκίνδυνες επιχειρηματικές στρατηγικές. Ο Κίνδυνος φήμης, σχετίζεται με τις επιχειρήσεις που υποφέρουν από μεγάλα χρέη, επηρεάζοντας έτσι και τη φήμη των επενδυτών. Τέλος, ο Συστημικός Κίνδυνος αποτελεί τον κίνδυνο διακοπής του χρηματοπιστωτικού συστήματος, έχοντας ως αποτέλεσμα αρνητικές συνέπειες για την οικονομία.

Ως προς τη Διαχείριση Κινδύνου ως οργανωτική διαδικασία, αυτή διακρίνεται σε πέντε βασικά βήματα δραστηριοτήτων, που αποτελούν την Αναγνώριση και τον Καθορισμό της ανεκτικότητας του κινδύνου, τον Υπολογισμό του Κινδύνου, την Παρακολούθηση και Αναφορά του Κινδύνου, τον Έλεγχο Κινδύνου και την επιτήρηση, τον οικονομικό έλεγχο, τον συντονισμό και την ευθυγράμμιση της διαδικασίας. Τέλος, το τελευταίο στοιχείο που σχετίζεται με τη σωστή λειτουργία της διαχείρισης κινδύνου είναι ο οικονομικός έλεγχος, η επιτήρηση και ο σωστός συντονισμός της.



# Κεφάλαιο 2

## Ο Πιστωτικός Κίνδυνος

### 2.1 Εισαγωγή

Παρόλο που η αθέτηση είναι ένα σπάνιο φαινόμενο, οι συνέπειες που θα εμφανιστούν, θα έχουν μεγάλο αντίκτυπο ως προς το ενεργητικό του δανειοδότη. Υπό αυτή την έννοια, το βασικό ενδιαφέρον του Πιστωτικού Κινδύνου, αφορά το γεγονός όπου η εταιρεία αδυνατεί να αποπληρώσει τα χρέη της. Συνεπώς στη μελέτη και στη μοντελοποίηση του Πιστωτικού Κινδύνου σε φυσικά ή/και νομικά πρόσωπα, είναι αναγκαίο να δίνεται ιδιαίτερη σημασία.

Στη σπάνια περίπτωση που θα βρεθεί να αθετήσει ο αντισυμβαλλόμενος, κατά τη πλειονότητα των περιπτώσεων, οι συνέπειες θα έχουν σημαντικές απώλειες. Οι συνέπειες αυτές καθιστούν αναγκαία τη μελέτη και τη μοντελοποίηση του πιστωτικού κινδύνου από τα ιδρύματα. Αρχικά οι εταιρείες μοντελοποιούν και ποσοτικοποιούν τους παράγοντες του Πιστωτικού Κινδύνου για να διαχωρίσουν τους πελάτες σε ποια κατηγορία ανήκουν. Μέσω των παραγόντων και τις κατηγορίας που ανήκει μια εταιρεία, υπολογίζεται η Πιθανότητα αθέτησης (ο υπολογισμός της αναλύεται στο τρίτο κεφάλαιο) και μέσω αυτού δημιουργείται μια βαθμολογία η οποία αντιστοιχεί σε έναν αλφαριθμητικό βαθμό.

Στη πρώτη ενότητα αναπτύσσεται η έννοια του πιστωτικού κινδύνου και οι λόγοι κατά τους οποίους συνίσταται ο πιστωτικός κίνδυνος. Ακολουθεί η ανάλυση των παραγόντων του, όπου είναι ο Κίνδυνος Αθέτησης, ο Κίνδυνος Απώλειας και ο Κίνδυνος Έκθεσης. Στη τρίτη ενότητα, περιγράφεται η περίπτωση της πιστωτικής βαθμολόγησης μιας εταιρείας και τα αναλύονται περιληπτικά κάποια από τα μοντέλα που την υπολογίζουν. Τέλος αναλύεται η περίπτωση της πιστωτικής διαβάθμισης και αναφέρονται οι πίνακες των πιθανοτήτων αθέτησης που ενδέχεται να κατέχει κάποια εταιρεία.

---

## 2.2 Η Έννοια του Πιστωτικού Κινδύνου

Αρχικά θα πρέπει να ορίσουμε την έννοια του Πιστωτικού Κινδύνου. Πιο συγκεκριμένα ο Πιστωτικός Κίνδυνος είναι ο Κίνδυνος όπου ο οφειλέτης αθετεί (default) να αποπληρώσει τις υποχρεώσεις του. Δηλαδή θεωρείται ως η αδυναμία των φυσικών ή νομικών προσώπων να ανταποκριθούν στις οικονομικές τους υποχρεώσεις. Η αθέτηση ενός μικρού αριθμού χρεώσεων των δανειοληπτών μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλες απώλειες [19].

Οι λόγοι κατά τους οποίους ο αντισυμβαλλόμενος θα έρθει σε κατάσταση αθέτησης ποικίλουν. Στη πλειονότητα των περιπτώσεων, ο οφειλέτης βρίσκεται σε κατάσταση οικονομικής πίεσης και ενδέχεται να βρίσκεται σε θέση πτώχευσης. Ένα περιστατικό που αφορά την αθέτηση είναι αυτό της άρνησης εξόφλησης, η οποία συνήθως αφορά απάτη ή νομικές διαφορές μεταξύ του δανειοδότη και του οφειλέτη. Μια ακόμη κατάσταση αθέτησης εμφανίζεται στις περιπτώσεις όπου μια τράπεζα επενδύει σε δανειολήπτη του οποίου το προφίλ κινδύνου του έχει επιδεινωθεί. Επιπλέον στη κατηγορία αυτή εγείρεται και η περίπτωση της "τεχνικής" αθέτησης που προκύπτει από πληροφοριακά συστήματα.

Οι απώλειες που προκύπτουν από τη πράξη της αθέτησης, ενδέχεται να είναι από μικρές μέχρι και καταστροφικές. Ο δανειοδότης, όταν αποκτήσει τα περιουσιακά στοιχεία του δανειολήπτη μετά την αθέτηση και αποφασίσει να προβεί στη ρευστοποίηση τους, είναι πολύ πιθανό αυτά να έχουν χαμηλότερο κόστος από εκείνο που αρχικά τα απέκτησε (π.χ. ποσό δανείου), το οποίο αποβαίνει σε καθαρή ζημιά [19]. Επομένως η απώλεια που προκύπτει εξαρτάται από το ποσοστό ανάκτησης της (Recovery Rate) και τη συνολική έκθεση του αντισυμβαλλόμενου, ενώ το ποσοστό ανάκτησης εξαρτάται από την παρουσία εγγυήσεων[13].

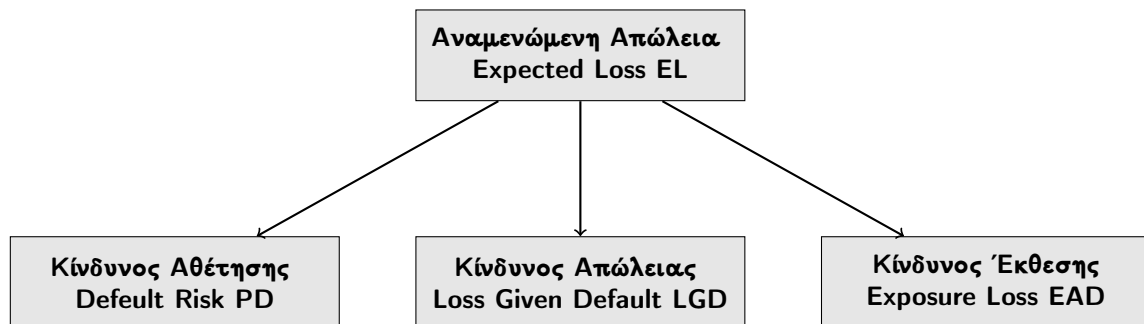
Ο πιστωτικός κίνδυνος συνίσταται από τον Κίνδυνο προ – Διακανονισμού και Διακανονισμού. Ο προ – Διακανονισμού Κίνδυνος αφορά τη δυνητική απώλεια λόγω αθέτησης του αντισυμβαλλόμενου κατά τη διάρκεια μιας συναλλαγής (π.χ. δάνειο, ομόλογο, παράγωγο, κοκ). Έχει ως αφετηρία την ημέρα συμφωνίας και η διάρκεια του ενδέχεται να κρατήσει μέχρι και χρόνια. Στο κίνδυνο αυτό ανήκουν και τα ζητήματα απαγόρευσης αποπληρωμής της συμφωνίας του δανειολήπτη από το κράτος, διότι έχουν αποκλειστεί νομοθετικά όλες οι πληρωμές που βρίσκονται σε άλλη έδρα, συνήθως εκτός κράτους [19].

Η έκθεση στον κίνδυνο διακανονισμού συμβαίνει διότι μια πληρωμή ή συναλλαγή ταμειακών ροών δεν πραγματοποιείται απευθείας. Πραγματοποιείται μέσω μιας ή πολλαπλών τραπεζών, όπου ενδέχεται να διατρέχουν

κίνδυνο χρεοκοπίας κατά τη χρονική στιγμή που συμβαίνει η συναλλαγή. Ο κίνδυνος αυτός εξαρτάται από το χρονικό διάστημα της πληρωμής μέχρι να φτάσει στον παραλήπτη. Είναι προφανές ότι όσο μεγαλύτερο είναι αυτό, τόσο μεγαλώνει ο κίνδυνος. Επίσης μεγαλύτερο κίνδυνο διακανονισμού διατρέχουν οι συναλλαγές που ανήκουν σε διαφορετικές χρονικές ζώνες, έχουν μεγάλα ποσά είτε σε διαφορετικές νομισματικές αξίες. Παραδείγματος χάρη στη Γερμανία το 1974 η τράπεζα Ηερσταττ χρεωκόπησε, με αποτέλεσμα ένα μέρος των πληρωμών να μην μεταφερθούν ποτέ στους παραλήπτες [19].

## 2.3 Παράγοντες Πιστωτικού Κινδύνου

Τα πιστωτικά ιδρύματα υπόκεινται σε κανονισμούς, οι οποίοι απαιτούν από αυτά τη διατήρηση κεφαλαίων, ως αντιστάθμιση του πιστωτικού κινδύνου. Αυτά που δεν υπόκεινται σε τέτοιου είδους κανονισμούς, επίσης εκτίθενται στο πιστωτικό κίνδυνο. Ως εκ τούτου, η μέτρηση και η διαχείριση του, έχει θεμελιώδη σημασία για τη διατήρηση της σταθερότητας και των κεφαλαίων τους[18]. Το κύριο στοιχείο που προκύπτει από τη μοντελοποίηση και τη διαχείριση του είναι η Αναμενόμενη Απώλεια (Expected Loss - EL) για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, συνήθως ένα χρόνο. Αυτή με τη σειρά της αποτελείται από τρία κύρια συστατικά, την Αθέτηση ( Default ), τον Κίνδυνο Απώλειας (Loss Risk Default) και τον Κίνδυνο Έκθεσης (Exposure Risk) [13].



Διάγραμμα 2.1: Παράγοντες Πιστωτικού Κινδύνου [13]

Η κατανομή αυτή γίνεται κατανοητή ως μια διαδικασία που περιλαμβάνει τις παραπάνω μεταβλητές. Η Αθέτηση είναι μια διακριτή κατάσταση και εμφανίζεται με μια ορισμένη πιθανότητα, γνωστή ως Πιθανότητα Αθέτησης (Probability of Default – PD). Ο Κίνδυνος Απώλειας παρουσιάζει το ποσοστό που προκύπτει από την απώλεια αμέσως μετά το συμβάν της Αθέτησης και αναφέρεται ως Δοθείσα Απώλεια Αθέτησης (Loss Given Default – LGD). Και τέλος, η Οικονομική Αξία ενός δανείου τη στιγμή της αθέτησης αφορά τον Κίν-

---

δυνο Έκθεσης, εναλλακτικά Έκθεση κατά την Αθέτηση (Exposure at Default – EAD) [13].

Μόλις χαρακτηριστούν οι τρεις αυτές τιμές, μπορούν να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις που σχετίζονται με τον πιστωτικό κίνδυνο. Γίνεται σαφές ότι η αναμενόμενη απώλεια του χαρτοφυλακίου προκύπτει από το γινόμενο τους:

$$EL = PD * LGD * EAD \quad (2.1)$$

και ενώ συνεχεία, όταν οι κατανομές τους γίνουν γνωστές ή εκτιμηθούν, πραγματοποιείται επιπλέον και η εκτίμηση της μη – Αναμενόμενης Απώλειας (Unexpected Loss) σε κάποια σενάρια. Στη συνέχεια της υποενότητας, αναλύονται λεπτομερώς οι τρεις παραπάνω έννοιες.

### 2.3.1 Κίνδυνος Αθέτησης

Αφορά ένα πιστωτικό γεγονός, το οποίο εκφράζει τη πιθανότητα ο οφειλέτης να μην εκπληρώσει τις υποχρεώσεις του τη προγραμματισμένη χρονική στιγμή. Η συγκεκριμένη πιθανότητα ονομάζεται Πιθανότητα Αθέτησης (Probability of Default – PD) και η τιμή του κυμαίνεται μεταξύ 0 και 1 [13][19]. Είναι ένα διχοτομικό γεγονός, δηλαδή είτε παραβιάζεται είτε όχι [18]. Τυπικά η διάρκεια αθέτησης αφορά το χρονικό διάστημα των 90 ημερών τουλάχιστον, όμως ενδέχεται να διαφέρει από περίπτωση σε περίπτωση. Συνήθως εκτιμάται από μοντέλα όπως Πιστωτικές Βαθμολογίες και Αξιολογήσεις Πιστοληπτικής Ικανότητας (Credit Scoring/Rating), τα οποία θα αναλυθούν στα επόμενα κεφάλαια, συμπεριλαμβάνοντας αρκετούς παράγοντες που αφορούν τη κατάσταση/θέση του οφειλέτη [13].

Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται ο Κίνδυνος Αθέτησης ποικίλουν, είναι ποιοτικοί αλλά και ποσοτικοί. Στους ποσοτικούς παράγοντες ανήκουν, η αδύναμη οικονομική κατάσταση, το υψηλό χρέος, ένα ασταθές εισόδημα, κοκ, τα οποία αυξάνουν το PD που διατρέχει ο οφειλέτης. Σε συνδυασμό με τους ποιοτικούς παράγοντες, στους οποίους ανήκουν οι πληροφορίες που αφορούν την εταιρεία, η ποιότητα διαχείρισης, η φήμη και άλλα, βοηθούν τον δανειοδότη, να διακρίνει τον κίνδυνο που διατρέχει από τον αντισυμβαλλόμενο να αθετήσει τις υποχρεώσεις του. Επιπλέον, η ίδια η αγορά επηρεάζει το ΠΔ ενός δανειολήπτη, παραδείγματος χάρη, εάν βρίσκεται σε κατάσταση ύφεσης, επικρατεί μεγάλος ανταγωνισμός και τα οικονομικά περιθώρια (Margins) είναι σε χαμηλά επίπεδα, το ποσοστό αθέτησης ξεπερνάει το μέσο. Αντίθετα, όταν ο κίνδυνος του (οφειλέτη) βρίσκεται σε χαμηλότερα επίπεδα από το προβλεπόμενο, συμβαίνει όταν δέχεται βοήθεια από συνεργάτες, από το ίδιο το κράτος αν κριθεί αναγκαίο, είτε από τις μητρικές εταιρείες.

---

Στη πλειονότητα των περιπτώσεων, ο Κίνδυνος Αθέτησης αναφέρεται στον αντισυμβαλλόμενο και όχι στο ίδιο το προϊόν. Η αθέτηση δεν αφορά πάντα μόνο ένα προϊόν, αλλά είναι πιθανό να αθετηθούν επιπλέον προϊόντα, όπως δάνεια, υποχρεώσεις, κ.ο.κ., την ίδια στιγμή ή σε μελλοντικό χρόνο. Τα ποσοστά αθέτησης επηρεάζονται και από τις ανάγκες τους αντισυμβαλλόμενου, δηλαδή παρατηρείται ότι στο τύπο του λιανικού εμπορείου οι πιστωτικές κάρτες κατέχουν μεγαλύτερο ποσοστό από ότι τα δάνεια, για το λόγο κατά τον οποίο, ο οφειλέτης επιλέγει να είναι συνεπής, για παράδειγμα σε ένα στεγαστικό δάνειο, από το κλείσιμο χρέους μια πιστωτικής κάρτα, με σκοπό την αποφυγή ρευστοποίησης της ακίνητης τους περιουσίας [19].

### **2.3.2 Κίνδυνος Απώλειας**

Εμφανίζεται άμεση συσχέτιση του πιστωτικού κινδύνου με τη πιθανότητα ο δανειζόμενος να αποτύχει ως προς τις υποχρεώσεις του, προκαλώντας απώλεια προς τον δανειστή, ως μέρος της έκθεσης που δημιουργήθηκε στη περίπτωση αθέτησης. Κατά τη Βασιλεία 2, η παράμετρος αυτή αναφέρεται ως δοθείσα απώλεια κινδύνου ( Loss Given Default – LGD ), με τιμές από 0% έως 100%. Όταν η τιμή είναι μικρότερη του μηδενός τότε μιλάμε για κέρδος, ενώ μπορεί να φτάσει και μεγαλύτερη του 100% π.χ. λόγω δικαστικών εξόδων, είτε οριακής μηδενικής ανάκτησης [3][18][19].

Ωστόσο δεν είναι η μοναδική μεταβλητή που μετριέται για την εκτίμηση του, καθώς και η απώλεια που προκύπτει τη στιγμή της αθέτησης δεν είναι πάντα η ίδια, έχει διακυμάνσεις, εξαρτώμενη από ένα εύρος παραγόντων, όπως βαθμολογία οφειλέτη, τύπος οφειλέτη, εγγυήσεις/ασφάλειες, κ.ο.κ.. Κάποιοι αναλύονται αμέσως παρακάτω [18].

#### ***Τύπος του Οφειλέτη***

Τα φυσικά πρόσωπα είναι υπόλογα στα χρέη τους, με όλα τα περιουσιακά τους στοιχεία, ενώ τα νομικά πρόσωπα έχουν περιορισμένες ευθύνες. Ούτε οι διευθυντές αλλά ούτε οι μέτοχοι ανταποκρίνονται στα χρέη της εταιρείας με τα προσωπικά τους περιουσιακά στοιχεία. Οπότε το συμπέρασμα είναι ότι η διαχείριση της αθέτησης διαφέρει μεταξύ τους [18].

#### ***Ασφάλειες/Εγγυήσεις***

Σε ορισμένα δάνεια για μειωθεί ο κίνδυνος αθέτησης και επιπλέον το ποσοστό ανάκτησης (Recovery Rate) να είναι μεγαλύτερο, εισάγονται εγγυήσεις. Το ΛΓΔ εξαρτάται από το ποσό των εγγυήσεων τη στιγμή της συμφωνίας μεταξύ

---

οφειλέτη και δανειοδότη [19]. Το ιδανικό σενάριο είναι να υπάρχει μικρότερη συσχέτιση μεταξύ των εγγυήσεων και του δανείου [18].

### ***Βαθμός χρέους μειωμένης εξασφάλισης***

Όταν ένας δανειολήπτης εκδίδει χρέος, μπορεί να εκδοθεί με διάφορες μορφές, δηλαδή μπορεί να έχει χρέος με έναν δανειστή, στον οποίο υπάρχει ασφάλεια και ένα επιπλέον χωρίς. Παραδείγματος χάρη, ο εκδότης να δώσει χάρη σε ένα δανειολήπτη που εμφανίζει χρέος για πρώτη φορά, δημιουργώντας ένα νέο χρέος σε αυτόν, στη περίπτωση πραγματοποίησης αθέτησης. Το καινούριο χρέος πρέπει να πληρωθεί αφού ικανοποιηθεί το πρώτο.

Το LGD δεν είναι σταθερή παράμετρος, κυμαίνεται από το ένα αθετημένο προϊόν προς το άλλο. Για κάποιους αντισυμβαλλόμενους υπάρχει η περίπτωση να ανακάμψουν από την αθέτηση, αποπληρώνοντας όλο το χρέος ή καθυστερώντας τις πληρωμές, ενώ για κάποιους άλλους, μια αθέτηση συμφωνίας του οφειλέτη με τον πιστωτή, ενδέχεται να προκαλέσει μεγάλη αναταραχή, διότι υπάρχουν επιπλέον εμπλεκόμενα μέλη που φέρουν απώλεια. Στη χειρότερη των περιπτώσεων η αθέτηση να οδηγήσει σε διαδικασία πτώχευσης με μεγάλες απώλειες και διακοπή σχέσης πελάτη-τράπεζας [18].

Οι τιμές του LGD διαφέρουν και εξαρτώνται από τον τύπο και την ανάλυση του, ενώ στη πράξη είναι δύσκολο να προβλεφθεί ο τύπος ανάλυσης του. Οι τύποι ανάλυσης είναι:

### ***Θεραπεία***

Η χρηματοπιστωτική υγεία του αντισυμβαλλόμενου που αθετεί, θεραπεύεται σύντομα, με αποτέλεσμα να κλείνει τις υποχρεώσεις του. Δεν εμφανίζεται απώλεια για τον δανειοδότη και η συνεργασία τους συνεχίζεται.

### ***Αναδιάρθρωση***

Αφορά τη περίπτωση κατά την οποία πραγματοποιηθεί αναδόμηση στο χρέος, με αποτέλεσμα να υπάρχει δυνατότητα ο οφειλέτης να επανέλθει. Η σχέση μεταξύ τους έχει καταστραφεί, αλλά η απώλεια είναι σχετικά μικρή.

### ***Ρευστοποίηση***

Τα περιουσιακά στοιχεία του δανειολήπτη έχουν ρευστοποιηθεί, η σχέση του με τον εκδότη έχει τερματιστεί, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται μεγάλο νομικό κόστος και οι απώλειες να είναι μεγάλες. Κατά μέσο όρο, η ρευστοποίηση συμβαίνει σε αδύναμους και αδιάφορους πελάτες, διότι οι δανειοδότες

---

δεν ενδιαφέρεται να επενδύσει στο μέλλον [19].

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το LGD μετριέται στη βάση του προϊόντος, είτε αντιπροσωπεύεται με συνεχή τρόπο είτε με βαθμό απώλειας. Κάποιοι δανειοδότες έχουν πρακτική αξιολόγηση, ξεχωριστή από τη κλίμακα PD, ενώ άλλοι τα συνδυάζουν.

### 2.3.3 Κίνδυνος Έκθεσης

Είναι ο Κίνδυνος Έκθεσης (Exposure At time of Default – EAD) τη στιγμή που θα συμβεί η αθέτηση [19]. Εκ τω προτέρων δεν είναι γνωστό, όμως για προϊόντα όπως δάνεια το ποσό είναι πάγιο τη στιγμή της συμφωνίας, αντίστοιχα για πιστωτικές κάρτες το ποσό ποικίλει αναλόγως των αναγκών του πελάτη και τη πάροδο του χρόνου [13]. Οπότε ο EAD εμφανίζεται όπου υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με το ακριβές ποσό που έχει εκτεθεί ο εκδότης τη στιγμή της αθέτησης από τον αντισυμβαλλόμενο.

Ο αντισυμβαλλόμενος που βρίσκεται σε χρηματοπιστωτική πίεση, χρειάζεται περισσότερο “ρευστό” για να ικανοποιήσει τις ανάγκες του, με αποτέλεσμα να φτάνει τα πιστωτικά του όρια. Εν προκειμένω ο δανειοδότης (π.χ. τράπεζα), προσπαθεί να μειώσει τα όρια αυτά επιβάλλοντας ρήτρα με συγκεκριμένες συμφωνίες σε περίπτωση που συμβεί κάποιο πιστωτικό γεγονός που τον αφορά. Οι ρήτρες αυτές ονομάζονται όροι ή υλικές αρνητικές ρήτρες.

Η σωστή διαχείριση και μέτρηση του πιστωτικού κινδύνου επιβάλλουν συνεκτικούς και συνεπείς ορισμούς με σκοπό να εκφράσουν σωστά τον συγκεκριμένο κίνδυνο και να επιτρέπουν τη συγκριτική αξιολόγηση των επιπέδων του, στα διάφορα προϊόντα. Τα LGD και EAD εξαρτώνται από τον ορισμό της αθέτησης, όμως το LGD είναι η αναλογική απώλεια σε σχέση με το EAD [19]. Η Βασιλεία II έχει προσφέρει ένα πρώτο βήμα για τον ορισμό αθέτησης και παρέχει οδηγίες για αυτά. Έχει ορίσει κανόνες για τις κεφαλαιακές απαιτήσεις των τραπεζών, οι οποίες εξαρτώνται από τα εσωτερικά εκτιμώμενα επίπεδα κινδύνου [3][19][33].

## 2.4 Υποδείγματα Πιστωτικής Βαθμολόγησης

Μια υγιής διαχείριση Πιστωτικού Κινδύνου βασίζεται σε ένα χαρτοφυλάκιο καλής ποιότητας, όπου τα περιουσιακά στοιχεία ενός ιδρύματος έχουν καλή απόδοση. Η τιμολόγηση των δανείων αντικατοπτρίζει τον κίνδυνο, οπότε μια καλή επιλογή στρατηγικής στοχεύει στην αποφυγή μεγάλων απωλειών. Μια τεχνική διαχείρισης του πιστωτικού κινδύνου η οποία αναλύει τον κίνδυνο που διατρέχει ο δανειζόμενος είναι η Πιστωτική Βαθμολόγηση (Credit Scoring) [19].

---

Στο παρελθόν η Πιστωτική Βαθμολόγηση (Credit Scoring) εστίαζε στη μέτρηση του κινδύνου που πρόκυπτε όταν ο πελάτης δεν εκπλήρωνε τις οικονομικές του υποχρεώσεις, με αποτέλεσμα ο εκδότης να αντιμετωπίζει καθυστερήσεις πληρωμών. Με τη πάροδο του χρόνου, η Πιστωτική βαθμολόγηση εξελίχθηκε εστιάζοντας στην απώλεια και στην έκθεση στον κίνδυνο. Σήμερα οι τεχνικές βαθμολόγησης, χρησιμοποιούνται ως εργαλείο αποφάσεων (είτε αυτοματοποιημένοι αλγόριθμοι, τροφοδοτούμενοι από μεγάλες βάσεις δεδομένων) σε ολόκληρο το κύκλο ενός ιδρύματος [19][27].

Είναι αβάσιμο να θεωρείται ότι μια και μοναδική τιμή, π.χ. η αξία των περιουσιακών στοιχείων, να είναι ο μοναδικός καθοριστικός παράγοντας των πιθανών αθετήσεων. Όπως είδαμε προηγουμένως, η ρευστότητα των περιουσιακών στοιχείων και οι περιορισμοί των πωλήσεων τους επίσης επηρεάζουν τη βαθμολογία ενός ιδρύματος. Αυτό καθιστά δύσκολη τη δημιουργία μοντέλων ώστε να είναι πλήρες δομημένα με τον ακριβή αριθμό των μεταβλητών που επηρεάζουν τις εκτιμώμενες πιθανότητες αθέτησης [19][27].

Σε αυτή την ενότητα θα συζητηθεί η υποκειμενική πιστωτική ανάλυση και η δομή δύο στατιστικών μοντέλων ως προς τη μέτρηση του πιστωτικού κινδύνου και δεν αποδεικνύονται οι ιδιότητες των εκτιμητών. Ο σκοπός των μεθόδων αυτών έχει σκοπό την πρόβλεψη της πιθανότητας ένας εν δυνάμει δανειακός πελάτης να αθετήσει την υποχρέωση του, ενώ διαφορετικά ένας ήδη υπάρχων πελάτης να παρουσιάσει ίδια συμπεριφορά. Τα μοντέλα που αναλύονται είναι το Logit – Probit και το μοντέλο διακριτικής ανάλυσης (Discriminant Analysis Model).

### **2.4.1 Υποκειμενική Πιστωτική Ανάλυση**

Η υποκειμενική ανάλυση της πιστοληπτικής ικανότητας του πιστούχου, είναι ο παραδοσιακός τρόπος μέτρησης του πιστωτικού κινδύνου. Αξιολογείται ανάλογα με κάποια προκαθορισμένα χαρακτηριστικά, ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά. Η λήψη απόφασης για την δανειοδότηση ή μη του αιτούντος, εξαρτάται αποκλειστικά από την υποκειμενική κρίση του στελέχους του ιδρύματος που εξετάζει το αίτημα.

Τα χαρακτηριστικά του δανειζόμενου που εξετάζονται αποκαλούνται ως 5 “C”, τα οποία είναι ο Χαρακτήρας (Character), Ικανότητα (Capacity), Εξασφαλίσεις (Collateral), Κεφαλαιακή διάρθρωση (Capital Structure) και τέλος οι Συνθήκες (Condition). Αυτά συντελούν την απόφαση που πρέπει να ληφθεί αν δοθεί πίστωση ή όχι. Πιο αναλυτικά έχουμε τα ακόλουθα πέντε χαρακτηριστικά του δανειζόμενου:

1. Στο Χαρακτήρα (Character) ανήκει η φήμη του αιτούντος, η συναλλαγ-



---

ματική συμπεριφορά και η σχέση του με το ίδρυμα που αιτήθηκε για πίστωση (συνήθως τράπεζα).

2. Η μεταβλητότητα των κερδών (Capacity – Volatility of earnings) παρουσιάζει αν η εταιρεία που αιτείται πίστωση έχει εμφανίζει σταθερά κέρδη για μεγάλο χρονικό διάστημα ή αν υπάρχει κάποια διακύμανση σε αυτά (μορφή οικονομικής αστάθειας). Προτιμότερο είναι να εμφανίζει σταθερά κέρδη.
3. Η ύπαρξη εγγυήσεων/εξασφαλίσεων (Collateral) για εξόφληση της όποιας υποχρέωσης μειώνει τον κίνδυνο που διατρέχει ένα δάνειο.
4. Ο βαθμός δανειακής επιβάρυνσης (Capital) εξηγεί ότι όσο περισσότερο δανείζεται ο πελάτης, τόσο δυσκολότερη γίνεται η αποπληρωμή του εκάστου κεφαλαίου που κατέχει η κάθε εταιρεία. Επηρεάζει έτσι την πιθανότητα επισφάλειας του.
5. Οι συνθήκες (Condition) αναφέρονται στις γενικότερες οικονομικές συνθήκες που επικρατούν στην οικονομία και στο κλάδο όπου ανήκει το ίδρυμα που αιτείται πίστωση. Εξαρτάται η μορφή της αγοράς της επιχείρησης, η προοπτική του κλάδου στον οποίο ανήκει, τα χαρακτηριστικά του ανταγωνισμού και άλλα.

Είναι προφανές ότι πριν από 20 χρόνια τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα βασιζόνταν αποκλειστικά και μόνο στα παραπάνω χαρακτηριστικά, τα οποία οδηγούσαν σε υποκειμενικές κρίσεις των δανειοδοτικών ιδρυμάτων. Λόγω τον λανθασμένων αποφάσεων άρχισαν σταδιακά να αφήνουν τη μέθοδο αυτή και υιοθετούν νέα, πιο αξιόπιστα κριτήρια.

#### **2.4.2 Μοντέλο λογιστικής Παλινδρόμησης**

Η εταιρική αθέτηση, στη περίπτωση που δεν εξεταστούν οι ανακτήσεις, κατατάσσεται σε απόκριση ποιοτικού χαρακτήρα. Πριν πραγματοποιηθεί εκτίμηση μέσω της λογιστικής παλινδρόμησης, πραγματοποιείται έλεγχος των χαρακτηριστικών των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων (επιλεγμένοι χρηματοοικονομικοί δείκτες), παραδείγματος χάρη ένας δείκτης είναι οι κινήσεις κεφαλαίων προς το σύνολο του ενεργητικού, κέρδη προ φόρων και τόκων προς το σύνολο του ενεργητικού και άλλα, επιπλέον αν έχει προηγηθεί αθέτηση ή όχι. Όταν εφαρμοστεί το μοντέλο logit τότε εκτιμάται η πιθανότητα αθέτησης ανάλογα με το σύνολο ή το συνδυασμό των χαρακτηριστικών που χρησιμοποιήθηκαν [27].

Συγκεκριμένα, το  $Y$  ορίζεται ως η κατάσταση στο τέλος κάποιου προ-καθορισμένου χρονικού διαστήματος, με  $Y = 1$  η εταιρεία να έχει προβεί σε αθέτηση, αντίστροφα για  $U = 0$  να μην έχει συμβεί. Η υπόθεση αυτή αφορά όλες τις εταιρείες, οπότε:

$$P(Y = 1|x_1, \dots, x_k) = p(x_1, \dots, x_k)$$

Η δεύτερη ισότητα παίρνει τιμές (0,1). Από το μοντέλο logit προκύπτει

$$P(Y = 1|x_1, \dots, x_k) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k)}$$

Ορίζοντας:

$$\text{logit}(x) = \log\left(\frac{x}{1-x}\right)$$

και προκύπτει:

$$\text{logit}(P(Y = 1|x_1, \dots, x_k)) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n$$

όπου  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n \in \mathbb{R}$ . Το μοντέλο υποθέτει ότι τα αποτελέσματα που αφορούν τις διάφορες εταιρείες είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Κατά την προσέγγιση probit χρησιμοποιούμε τη συνάρτηση πυκνότητας  $F$  κανονικής τυχαίας κατανομής, με σκοπό να μετατραπεί σε διάστημα μονάδας η παλινδρόμηση, δηλαδή:

$$P(Y = 1|x_1, \dots, x_k) = \Phi(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n)$$

Τώρα, στη περίπτωση της logit, η οποία ανάλυση της εισάγει διακρίσεις και λόγω των συντελεστών  $\beta_k$ , οι οποίοι είναι σε όρους log-odds ratio, εάν δύο εταιρείες έχουν συσχετισμένα διανύσματα  $x^i$  και  $x^j$  και  $p^i$  και  $p^j$  δηλώνουν τις πιθανότητες αθέτησης, προκύπτει:

$$\log \frac{p^i/(1-p^i)}{p^j/(1-p^j)} = \beta'(x^i - x^j)$$

Όπου  $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_k)$  και

$$\beta'x^i = \sum_{j=1}^k \beta_j(x_j^i)$$

Εάν το  $y_i$  αφορά την απόκριση της  $i$  εταιρείας και το  $y_i = 1$  αφορά την αθέτηση της, τότε η έκφραση της πιθανότητας είναι:

$$\begin{aligned}
L(\alpha, \beta) &= \prod_{i=1}^n \left( \frac{\exp(\alpha + \beta'x^i)}{1 + \exp(\alpha + \beta'x^i)} \right)^{y_i} \left( \frac{1}{1 + \exp(\alpha + \beta'x^i)} \right)^{1-y_i} \\
&= \prod_{i=1}^n \left( \frac{1}{1 + \exp(\alpha + \beta'x^i)} \right)^{1-y_i} \exp(\alpha S + \beta' SP)
\end{aligned}$$

όπου:

$$S = \sum_{i=1}^n y_i \quad \text{και} \quad SP = \sum_{i=1}^n y_i x^i$$

Ο υπολογισμός των εκτιμητών μεγιστοποιημένη πιθανότητας των μεταβλητών απαιτεί αριθμητικές μεθόδους, έτσι κατά το παρελθόν εμφανιζόταν δυσκολία στη χρησιμότητα της logit λόγω των υπολογιστικών περιορισμών. Με τους σύγχρονους υπολογιστές και τα στατιστικά λογισμικά η μεγιστοποίηση πιθανοτήτων κατέληξε να είναι απλή [27].

### 2.4.3 Μοντέλο Διακριτικής Ανάλυσης

Η βασική υπόθεση της διακριτικής ανάλυσης είναι ότι έχουμε δύο πληθυσμούς οι οποίοι περιγράφονται από διαφορετικές μέσες τιμές. Για τον σκοπό της μοντελοποίησης της αθέτησης, ο ένας πληθυσμός αφορά τις εταιρείες που επιβιώνουν (“καλοί” πελάτες), ενώ ο δεύτερος αφορά αυτές που αθετούν (“κακοί” πελάτες). Εν συνεχεία οι κατανομές τους είναι κανονικές πολυμεταβλητές κατανομές, όπου κάθε στοιχείο τους αποτελεί ένα εταιρικό χαρακτηριστικό [27].

Το βασικό χαρακτηριστικό της διακριτικής ανάλυσης είναι ότι δίνεται ένα δείγμα “εκπαίδευσης” (training sample) έστω:

$$(x_1^0, \dots, x_N^0) \quad \text{και} \quad (x_1^1, \dots, x_D^1)$$

περιέχοντας τα εταιρικά χαρακτηριστικά, όπου N είναι αυτές που επιβιώνουν και D αυτές που αθετούν. Ως εκ τούτου  $x_1^0$  είναι το χαρακτηριστικό μιας εταιρείας του πληθυσμού που δεν αθετεί, αντίστοιχα  $x_2^0, \dots$ , ενώ τα χαρακτηριστικά  $x_1^1, \dots$ , αφορούν το πληθυσμό που αθετεί. Καθώς εισάγονται κάποια καινούρια χαρακτηριστικά μιας νέας ή ήδη υπάρχον εταιρείας, ο στόχος είναι να αποφασιστεί σε ποιο πληθυσμό (N ή D) θα καταταχθεί. Η μέση τιμή των πληθυσμών είναι  $\mu^0$  και  $\mu^1$  αντίστοιχα, το  $\Sigma$  είναι ο πίνακας διακύμανσης/συνδιακύμανσης και  $\phi^0$  και  $\phi^1$  είναι οι σχετικές κανονικές πολυμεταβλητές κατανομές [27].

Για τη καλύτερη κατανόηση, ισχύει η υπόθεση ότι οι παράμετροι είναι γνωστοί και η πιθανότητα,  $q_i$ , της εταιρείας να ανήκει στο πληθυσμό  $i$  είναι γνωστή. Επιπλέον το  $C(0|1)$  ( $C(1|0)$ ) συμβολίζει το κόστος που σχετίζεται κατά την εσφαλμένη εκχώρηση μιας εταιρείας σε κάποιον από τους δύο πληθυσμούς. Στη περίπτωση που ο κανόνας απόφασης τοποθετεί μια εταιρεία στον πληθυσμό 0, όταν τα χαρακτηριστικά ανήκουν στο σύνολο  $R_0$  και αντίστοιχα στο  $R_1$ , εάν ανήκει στον 1, καθίσταται δυνατός ο υπολογισμός των πιθανοτήτων αυτών. Το  $P(i|j)$  δηλώνει την πιθανότητα μια εταιρεία να ανήκει στο  $i$  πληθυσμό όταν πραγματικά ανήκει στον  $j$  (βλέπε πίνακες), τότε:

$$p(i|j) = \int_{R_i} \phi_j(x) dx, \quad i = 0, 1 \quad \text{και} \quad j = 0, 1$$

το αναμενόμενο κόστος εσφαλμένης κατηγοριοποίησης είναι:

$$q_1 p(0|1) c(0|1) + q_0 p(1|0) c(1|0)$$

Αποδεικνύεται, από Anderson (1984) Journal of Time Series Analysis, ότι το αναμενόμενο κόστος της εσφαλμένης ταξινόμησης ελαχιστοποιείται στη περίπτωση που γίνει μιας διακριτικής συνάρτησης της μορφής:

$$d(x) = x' \Sigma^{-1} (\mu^0 - \mu^1) - \frac{1}{2} (\mu^0 - \mu^1)' \Sigma^{-1} (\mu^0 - \mu^1)$$

όπου:

$$\mu^0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^0 \quad \text{και} \quad \mu^1 = \frac{1}{D} \sum_{i=1}^D x_i^1$$

και

$$\Sigma = \frac{1}{N+D-2} \left( \sum_{i=1}^N (x_i^0 - \mu^0)' (x_i^0 - \mu^0) + \sum_{i=1}^D (x_i^1 - \mu^1)' (x_i^1 - \mu^1) \right)$$

και εισάγει μια εταιρεία με χαρακτηριστικό  $\xi$  στον πληθυσμό 0 εάν  $d(x) \geq \log(k)$  και αντίστοιχα στον 1 εάν  $d(x) < \log(k)$ , όταν:

$$k = \frac{q_1 c(0|1)}{q_0 c(1|0)}$$

Εμφανίζεται λοιπόν η υπόθεση ότι υπάρχει ενδιαφέρον να εκτιμηθεί αν μια εταιρεία αθετεί ή όχι, βάση ενός δείγματος. Η πρώτη διαδικασία αφορά αυτή της λογιστικής παλινδρόμησης. Χρησιμοποιούνται οι πληροφορίες σχετικά με

---

την αθέτηση ή όχι, υπό όρους, ως προς τους συνδυασμούς των χαρακτηριστικών. Ο δεύτερος τρόπος εκτίμησης είναι αυτός της διακριτικής ανάλυσης, δηλαδή θεωρείται ως πρόβλημα πολυμεταβλητής ανάλυσης, εκτιμώνται αρχικά οι μέσες τιμές των πληθυσμών, ο κοινός πίνακας συνδιακύμανσης, η πιθανότητα συμμετοχής σε κάθε κατηγορίας (αθέτηση ή επιβίωση) και τέλος υπολογίζεται η διακριτική συνάρτηση συνδέοντας τις εκτιμήσεις [24].

## 2.5 Πιστωτικές Διαβαθμίσεις

Η πιστοληπτική ικανότητα είναι ένας αλφαριθμητικός βαθμός όπου συνοψίζει την πιστωτική αξία ενός χρεογράφου, εταιρείας ή/και κράτους και εκχωρούνται από οίκους αξιολόγησης οι οποίοι δραστηριοποιούνται στην παροχή αξιολογήσεων. Οι σημαντικότερες είναι η Moody's, S&P, Fitch και Duff & Phelps [29]. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τη κλίμακα διαβάθμισης των βαθμολογιών με φθίνουσα κατάταξη. Κατά τη Moody's, η καλύτερη βαθμολογία είναι Aaa κατά την οποία ένα χρεόγραφο έχει σχεδόν μηδενική πιθανότητα να αθετηθεί, ακολουθούν οι Aa, Baa, Ba, B, Caa, Ca, C. Οι αντίστοιχες βαθμολογίες που χρησιμοποιεί η S&P είναι AAA, AA, A, BBB, κ.ο.κ. Τα χρεόγραφα που βαθμολογούνται από Baa (BBB) και άνω θεωρούνται Επενδυτικού Βαθμού (Investment Grade), ειδικά η πρώτη κατηγορία Aaa (AAA) ισοδυναμεί με την εξαιρετικά μεγάλη ικανότητα του δανειζόμενου να αποπληρώσει τις υποχρεώσεις του, οπότε ο κίνδυνος κρίνεται χαμηλός. Αντίθετα οι υπόλοιπες βαθμολογίες χαρακτηρίζονται ως Κερδοσκοπικού Βαθμού (Speculative Grade - risky).

Για τη δημιουργία καλύτερων μετρήσεων αξιολόγησης οι οίκοι αξιολόγησης έχουν προβεί σε περεταίρω διαίρεση των βαθμολογιών, για παράδειγμα η Moody's διαιρεί το Aa σε Aa1, Aa2, Aa3, το A σε A1, A2, A3 και ακολουθούν αντίστοιχα Baa, Ba και B. Όσο προχωράμε προς τα κάτω ο κίνδυνος μεγαλώνει σταδιακά και ταυτόχρονα αυξάνεται και η πιθανότητα αθέτησης. Στη περίπτωση της C, ο οφειλέτης έχει προβεί σε αίτηση για χρεοκοπία, όμως συνεχίσει να αποπληρώνει τα χρέη του, ενώ τη τελευταία κατηγορία D (default) αφορά την αθέτηση των πληρωμών. Οι οίκοι αξιολόγησης, αξιολογούν και την πιθανότητα αθέτησης των εταιρειών βάση των αλφαριθμητικών βαθμών και μπορούν να συγκριθούν με αυτές των ήδη αθετημένων ιδρυμάτων [29].

### *Ιστορικά δεδομένα Πιθανοτήτων Αθέτησης*

Ένας από τους βασικούς τρόπους υπολογισμού των πιθανοτήτων αθέτησης είναι η χρήση ιστορικών δεδομένων που έχουν παραχθεί από τους οίκους

<b>Πίνακας 2.1</b> Κλίμακες Διαβάθμισης					
Επενδυτικού Βαθμού	Moody's		Κερδοσκοπικού Βαθμού		
	Moody's	S&P		Moody's	S&P
Άριστη Ικανότητα Αποπληρωμής	Aaa	AAA	Αυξανόμενη Αβεβαιότητα	Ba1	BB+
Υψηλή I.A.	Aa1	AA+		Ba2	BB
	Aa2	AA		Ba3	BB-
	Aa3	AA-		B1	B+
Μεγάλη I.A.	A1	A+		B2	B
	A2	A		B3	B-
	A3	A-	Υψηλός Κίνδυνος	Caa1	CCC+
Επαρκής	Baa1	BBB+		Caa2	CCC
	Baa2	BBB		Caa3	CCC-
	Baa3	BBB-		Ca	CC
				C	C
Αθέτηση Πληρωμών			D	D	

αξιολόγησης. Ο πίνακας 2.4.2 παρέχει πληροφορία σχετικά με την εμπειρία αθέτησης ομολόγων διάρκειας 20 ετών, για συγκεκριμένη βαθμολογία στο ξεκίνημα της ζωής τους, τους μέσους αθροιστικούς δείκτες (σε %) των πιθανοτήτων αθέτησης. Για παράδειγμα ένα ομόλογο με βαθμολογία Βαα έχει πιθανότητα αθέτησης 0.185% το πρώτο χρόνο, 0.480% το 2ο, και ούτω καθεξής. Ο υπολογισμός της πιθανότητας αθέτησης, συγκεκριμένου έτους, του Βαα, μπορεί να υπολογιστεί μέσω του πίνακα, δηλαδή  $0.480\% - 0.185\% = 0.295\%$  η πιθανότητα αθέτησης για το 2ο έτος.

Όσον αφορά τα ομόλογα επενδυτικού βαθμού, παρατηρείται ότι κατά τη διάρκεια του χρόνου η πιθανότητα αθέτησης αυξάνεται. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο εκδότης αρχικά θεωρείται αξιόπιστος, επομένως με τη πάροδο του χρόνου μεγαλώνει η πιθανότητα μείωσης της αξίας του. Η υπόθεση αυτή αποδεικνύεται υπολογίζοντας τις πιθανότητες αθέτησης για κάθε χρονικό διάστημα ξεχωριστά, δηλαδή για ένα ομόλογο βαθμολογίας Α, κατά τις χρονικές περιόδους 0Γ5, 5Γ10, 10Γ15 και 15Γ20 χρόνια ζωής, οι πιθανότητες είναι 0.794%(0.794% – 0%), 1.519%(2.313% – 0.794%), 1.737%(4.050% – 2.313%) και 2.037%(6.087% – 4.050%) αντίστοιχα. Αντίστροφα, για τα ομόλογα Κερδοσκοπικού Βαθμού (από Βα και κάτω) παρατηρείται ότι η πιθανότητα αρχικά είναι μεγάλη και στη συνέχεια μειώνεται για το λόγο ότι όσο παραμένουν “στη ζωή” τόσο πιο πιθανή καθιστά την επιβίωση τους.

**Πίνακας 2.2** Μέση αθροιστική πιθανότητα (%),  
1970 - 2015 (Moody's)

Χρόνια	1	2	3	4	5	7	10	15	20
Aaa	0.00	0.01	0.01	0.03	0.08	0.19	0.39	0.72	0.84
Aa	0.02	0.06	0.11	0.19	0.30	0.50	0.80	1.39	2.26
A	0.05	0.17	0.35	0.55	0.79	1.34	2.31	4.05	6.08
Baa	0.18	0.48	0.83	1.25	1.66	2.52	4.03	7.27	10.73
Ba	0.95	2.58	4.50	6.53	8.44	11.78	16.45	23.93	30.16
B	3.63	8.52	13.51	17.99	22.07	29.02	36.29	43.36	48.07
άα - Σ	10.67	18.85	25.63	31.07	35.63	41.81	47.84	50.60	51.31

Από τον πίνακα με τα ιστορικά δεδομένα, υπάρχει η δυνατότητα να αντληθεί επιπλέον πληροφορία σχετικά με τον κίνδυνο που διατρέχει ένα ομόλογο. Ένα τέτοιο μέτρο είναι το Ποσοστό Κινδύνου (Hazard Rate), το οποίο μετρά τη τάση ενός ομολόγου να αθετεί ανάλογα με την ηλικία που έχει φτάσει και συμβολίζεται ως  $\lambda(t)$ . Ορίζεται ως ο λόγος της πιθανότητας αθέτησης τη χρονική στιγμή  $t$  προς την πιθανότητα επιβίωσης, υπό την προϋπόθεση ότι δεν έχει συμβεί αθέτηση, του συγκεκριμένου που μελετάται, κατά το παρελθόν.

Εάν  $V(t)$  είναι η αθροιστική πιθανότητα επιβίωσης τη χρονική στιγμή  $t$ , το ποσοστό κινδύνου  $\lambda(t)$  μεταξύ των  $t$  και  $\Delta t$  είναι:

$$\begin{aligned} [V(t) - V(t + \Delta t)]/V(t) &= \lambda(t)\Delta t \\ \Rightarrow V(t + \Delta t) - V(t) &= -\lambda(t)\Delta t/V(t) \end{aligned}$$

$$\frac{dV(t)}{dt} = -\lambda(t)V(t), \quad \text{όπου } V(t) = e^{-\int_0^t \lambda(\tau)d\tau}$$

Καθορίζοντας ως πιθανότητα αθέτησης το  $Q(t)$  τη χρονική στιγμή  $t$ :

$$Q(t) = 1 - V(t) = 1 - e^{-\int_0^t \lambda(\tau)d\tau} = 1 - e^{-\bar{\lambda}(t)t}$$

όπου  $\bar{\lambda}(t)$  είναι το μέσο ποσοστό κινδύνου μεταξύ 0 και  $t$ .

Μέσω του πίνακα 2.4.2. ακολουθεί παράδειγμα που εξηγεί τον υπολογισμό του  $l(t)$ . Έστω ένα ομόλογο βαθμού Caa, η πιθανότητα αθέτησης κατά το τρίτο χρόνο ζωής του είναι 6.782% (= 25.639% - 18.857%). Εν συνεχεία η πιθανότητα επιβίωσης τα δύο πρώτα χρόνια είναι 81.143% (= 100% - 18.85%). Οπότε το ποσοστό κινδύνου κατά το τρίτο έτος ζωής του ομολόγου είναι 0.06782/0.81143 = 0.0836 = 8.36%, υπό την προϋπόθεση ότι δεν έχει συμβεί αθέτηση στο παρελθόν. Με λίγα λόγια, είναι η πιθανότητα αθέτησης του

---

ομολόγου για το χρονικό διάστημα ενός έτους ( $\Delta t$ ), μεταξύ 2ου ( $t$ ) και 3ου έτους ( $t + \Delta t$ ).

### **Εκτίμηση Πιθανότητας Αθέτησης μέσω του σπρέντ ενός ομολόγου**

Προηγουμένως αναλύθηκε ο τρόπος υπολογισμού μέσω βάσης δεδομένων που περιέχει ιστορικά στοιχεία. Μια άλλη εκτίμηση είναι αυτή που υπολογίζεται μέσω των σπρέντ των ομολόγων που αφορά το πλεόνασμα της απόδοσης τους πάνω στο ποσοστό χωρίς κίνδυνο (Risk-free Rate). Έστω ότι το σπρέντ ομολόγου είναι  $s(T)$  κάθε χρόνο και εκφράζεται ως το γινόμενο του μέσου ποσοστού κινδύνου επί της απώλειας:

$$\bar{\lambda}(1 - R) = s(T),$$

όπου  $R$  είναι το εκτιμώμενο Recovery Rate

$$\Rightarrow \bar{\lambda} = \frac{s(T)}{1 - R}$$

Όπου  $R$  είναι το εκτιμώμενο ποσοστό ανάκτησης (Recovery Rate). Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 2.2., το ποσοστό ανάκτησης προκύπτει όταν μια εταιρεία χρεοκοπεί υποβάλλοντας αξιώσεις έναντι των περιουσιακών στοιχείων της (είτε ρευστοποίηση, είτε αναδιοργάνωση). Ορίζεται από την αξία που αποκτά το ομόλογο αμέσως μετά τη στιγμή της αθέτησης, ως ποσοστό της πραγματικής αξίας. Ο πίνακας 2.4.3. παρουσιάζει τα ποσοστά ανάκτησης για διαφορετικές κατηγορίες ομολόγων, βάση τη Moody's.

**Πίνακας 2.3** Recovery Rate εταιρικών ομολόγων ως ποσοστό της ονομαστικής αξίας, 1983 - 2015

Κατηγορία	Μέσο Recovery Rate (%)
Ομόλογο 1ης Εγγύησης	53.4
Ομόλογο 2ης Εγγύησης	49.7
Ανώτερο μη ασφαλισμένο Ομόλογο	37.6
Ανώτερος τίτλος μειωμένης εξασφάλισης	31.1
Ομόλογα μειωμένης εξασφάλισης	31.9
Κατώτερο ομόλογο μειωμένης εξασφάλισης	24.2

Για παράδειγμα, έστω ότι υπάρχουν ομόλογα ενός, δύο και τριών ετών που εκδίδονται από μια εταιρεία με απόδοση 150, 180 και 195 μονάδων βάσης\* αντίστοιχα, περισσότερο από ένα Risk-Free rate ομόλογο. Εάν το ποσοστό απόδοσης είναι 40% τότε το ποσοστό κινδύνου είναι:



---

$$0.015/(1 - 0.4) = 0.025\% \text{ ανά χρόνο}$$
$$0.018/(1 - 0.4) = 0.03\% \text{ για 1 και 2 χρόνια}$$
$$0.0195/(1 - 0.4) = 0.035\% \text{ και για τα τρία χρόνια}$$

Για το δεύτερο χρόνο είναι:

$$2 * 0.03 - 1 * 0.025 = 3.5\%$$

και για το τρίτο χρόνο είναι:

$$3 * 0.0325 - 2 * 0.03 = 3.75\%$$

Οι οίκοι αξιολόγησης εκτός από τις βαθμολογίες και τις πιθανότητες αθέτησης, εκτιμούν και τις πιθανότητες μεταπήδησης είτε την αλλαγή μια βαθμολογίας σε κάποια άλλη, στη περίπτωση που αναθεωρηθούν οι αξιολογήσεις μιας εταιρείας ή κυβέρνησης. Οι εκτιμήσεις αυτές συνοψίζονται σε έναν πίνακα μετάβασης (transition matrix) που δείχνει την εκτιμώμενη πιθανότητα μιας εταιρείας με οποιαδήποτε αρχική βαθμολογία να τερματίζει με μια διαφορετική (είτε σε αθέτηση). Στο επόμενο κεφάλαιο, αναλύεται διεξοδικά η περίπτωση υπολογισμού των πιθανοτήτων αθέτησης μέσω του μοντέλου του Μερτον βάση των μετοχικών κεφαλαίων.

## 2.6 Ανακεφαλαίωση

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύθηκε η έννοια του πιστωτικού κινδύνου και οι λόγοι κατά τους οποίους συνίσταται ο πιστωτικός κίνδυνος, η ανάλυση των παραγόντων του, όπου είναι ο Κίνδυνος Αθέτησης, ο Κίνδυνος Απώλειας και ο Κίνδυνος Έκθεσης, ενώ παρουσιάστηκε η μελέτη περίπτωσης της πιστωτικής βαθμολόγησης μιας εταιρείας καθώς και κάποια από τα μοντέλα που την υπολογίζουν. Τέλος αναλύθηκε η περίπτωση της πιστωτικής διαβάθμισης και παρουσιάστηκαν οι πίνακες των πιθανοτήτων αθέτησης που ενδέχεται να κατέχει κάποια εταιρεία.

Η έννοια του Πιστωτικού Κινδύνου είναι συνυφασμένη με τον Κίνδυνο όπου ένας οφειλέτης αθετεί να αποπληρώσει τις υποχρεώσεις του, όπου η αθέτηση ενός μικρού αριθμού χρεώσεων των δανειοληπτών μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλες απώλειες, καθώς οι απώλειες που προκύπτουν από τη πράξη της αθέτησης, ενδέχεται να είναι από μικρές μέχρι και καταστροφικές. Ο πιστωτικός κίνδυνος συνίσταται από τον Κίνδυνο προ – Διακανονισμού και τον Κίνδυνο Διακανονισμού.

---

Η μέτρηση και η διαχείριση του Πιστωτικού Κινδύνου, έχει θεμελιώδη σημασία για τη διατήρηση της σταθερότητας και των κεφαλαίων των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων, ενώ η μοντελοποίηση και η διαχείριση του αποτελούν την Αναμενόμενη Απώλεια για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Ο Πιστωτικός Κίνδυνος διακρίνεται στον Κίνδυνο Αθέτησης, τον Κίνδυνο Απώλειας και τον Κίνδυνο έκθεσης. Ο Κίνδυνος Αθέτησης αφορά ένα πιστωτικό γεγονός, το οποίο εκφράζει τη πιθανότητα ο οφειλέτης να μην εκπληρώσει τις υποχρεώσεις του τη προγραμματισμένη χρονική στιγμή. Ο Κίνδυνος Απώλειας αναφέρεται στην άμεση συσχέτιση του πιστωτικού κινδύνου με τη πιθανότητα ο δανειζόμενος να αποτύχει ως προς τις υποχρεώσεις του, προκαλώντας απώλεια προς τον δανειστή, ως μέρος της έκθεσης που δημιουργήθηκε στη περίπτωση αθέτησης. Ο Κίνδυνος Έκθεσης εμφανίζεται τη στιγμή που θα συμβεί η αθέτηση και εμφανίζεται όπου υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με το ακριβές ποσό που έχει εκτεθεί ο εκδότης τη στιγμή της αθέτησης από τον αντισυμβαλλόμενο.

Στην παρούσα ενότητα συζητήθηκε η υποκειμενική πιστωτική ανάλυση και η δομή δύο στατιστικών μοντέλων ως προς τη μέτρηση του πιστωτικού. Ο σκοπός των μεθόδων αυτών είχε σκοπό την πρόβλεψη της πιθανότητας ενός εν δυνάμει πελάτη να αθετήσει την υποχρέωση του. Τα μοντέλα που αναλύθηκαν ήταν το Logit – Probit και το μοντέλο διακριτικής ανάλυσης Discriminant Analysis Model .

# Κεφάλαιο 3

## Μοντέλα Πρόβλεψης Αθετήσεων

### 3.1 Εισαγωγή

Ο Merton επέκτεινε την θεωρία των Black & Scholes σχετικά με την τιμολόγηση των δικαιωμάτων προαίρεσης (option pricing) στην πρόβλεψη αθέτησης. Στη συνέχεια η KMV (Kealhofer, McQuown and Vasicek) Corporation στα τέλη του 1980 επέκτεινε το συγκεκριμένο μοντέλο, επίσης ονομάζεται και KMV Merton. Αργότερα οι Oldrich Vasicek και Stephen Kealhofen διαφοροποίησαν τις υποθέσεις του μοντέλου της KMV Corporation και ονομάστηκε VK (Vasicek and Kealhofen) Model. Το μοντέλο αυτό αποδείχθηκε ότι έχει πολύ καλή συμπεριφορά και χρησιμοποιείται από τη Moody's το οποίο ονομάστηκε Moody's KMV Model.

Πιο συγκεκριμένα, το μοντέλο της KMV Corporation βασίζεται στην ιδέα ότι τα μετοχικά κεφάλαια (equities) ενός ιδρύματος, μπορούν να θεωρηθούν ως δικαιώματα προαίρεσης των υποκείμενων αξιών των περιουσιακών στοιχείων μιας εταιρείας, σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Το VK μοντέλο υποθέτει ότι τα μετοχικά κεφάλαια έχουν τη δυνατότητα να παρουσιαστούν ως κεφάλαια φραγμού στην υποκείμενη αξία των περιουσιακών στοιχείων, για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Όταν η αξία τους πέσει κάτω από κάποιο όριο, το οποίο αποκαλείται σημείο αθέτησης (default point – DD) τη στιγμή της λήξης ή πριν από αυτή, η εταιρεία θα αθετήσει αμέσως.

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται τα τρία μοντέλα πρόβλεψης αθετήσεων. Στη πρώτη ενότητα αναφέρεται το βασικό μοντέλο του Merton και οι 4ης υποθέσεις στις οποίες βασίστηκε, το οποίο εξελίχθηκε σε άλλα δύο μοντέλα. Το πρώτο που ακολούθησε αναλύεται στη δεύτερη ενότητα του κεφαλαίου αυτού, το δημιούργησε η KMV Corporation και η διαφορά του αναφέρεται στις υποθέσεις που ακολουθεί. Ακολουθεί στη Τρίτη ενότητα το μοντέλο της

Moody's, η εξέλιξη του μοντέλου της KMV Corporation. Τέλος στη τέταρτη ενότητα, περιγράφεται η περίπτωση υπολογισμού της πιθανότητας αθέτησης όταν υπάρχουν δύο κατηγορίες χρέους με ένα μετοχικό κεφάλαιο.

## 3.2 Το μοντέλο του Merton

Ο Merton (1974) εισήγαγε κάποιες βασικές υποθέσεις ώστε να αναπτύξει τη Black & Scholes εξίσωση. Οι υποθέσεις που ανέπτυξε αφορούν το χρέος της εταιρείας, τη δομή του κεφαλαίου της, τη δυναμική αξία που έχουν τα περιουσιακά της στοιχεία και το γεγονός ότι η αγορά βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας. Ακολουθούν οι υποθέσεις με αναλυτικότερη περιγραφή [6]:

1. Χρέος: Μια εταιρεία αγοράζει ομόλογα που λήγουν τη χρονική στιγμή  $T$ , έτσι υπόσχεται να πληρώσει τον κάτοχο των ομολόγων κατά τη λήξη τους.
2. δομή Κεφαλαίου: Η χρηματοδότηση μιας εταιρείας πραγματοποιείται με χρήση χρέους και μετοχικών κεφαλαίων, όπου ο ισολογισμός έχει τη μορφή:

**Πίνακας 3.1:** Ισολογισμός βάση του Merton

	Περιουσιακά Στοιχεία	Υποχρεώσεις
	$F(t)$ : Αξία Εταιρείας	$C(F,t)$ : Χρέος $E(F,t)$ : Μετοχικό Κεφάλαιο
Σύνολο	$F(t)$	$F(t)$

Οπότε η εξίσωση είναι:

$$F(t) = E(F,t) + C(F,t) \quad (3.1)$$

3. Δυναμική Αξία των περιουσιακών στοιχείων: Τα περιουσιακά στοιχεία θεωρούνται εμπορεύσιμα, έτσι ακολουθούν την κίνηση Brown με μέτρο πιθανότητας  $(\Omega, F, P)$  ως:

$$dF = \mu_F F dt + \sigma_F F dW, \quad (3.2)$$

όπου  $\mu_F$  είναι το αναμενόμενο ποσοστό απόδοσης (expected rate of return) και το  $\sigma_F$  η μεταβλητότητα της εταιρείας. Το  $dW$  είναι η διαδικασία

Wiener με  $W_t \sim N(0, t)$ . Το  $F(t)$  είναι η λογαριθμική κανονική κατανομή με αναμενόμενη αξία τη στιγμή  $t$ :

$$F(t) = F(0) \exp \left\{ \left( r - \frac{1}{2} \sigma_F^2 \right) t + \sigma_F \sqrt{t} W_t \right\} \quad (3.3)$$

4. Η αγορά βρίσκεται στην ιδανική κατάσταση ισορροπίας: Οι υποθέσεις που ακολουθούν, δεν παραβιάζουν το μοντέλο, χρησιμοποιούνται καθαρά για λόγους ευκολίας. Η αγορά βρίσκεται σε κατάσταση πλήρη ρευστότητα και επιπλέον οι πληρωμές και οι φόροι εξαιρούνται. Έτσι τα περιουσιακά στοιχεία μπορούν να αγοραστούν ή να πουληθούν στην οποιαδήποτε επιθυμητή τιμή. Και τέλος ο δανεισμός και η δανειοδότηση κατέχουν τον ίδιο κίνδυνο καθ' όλη τη διάρκεια του συμβολαίου.

Για την εφαρμογή του μοντέλου του Merton, μέσω του Black & Scholes υποθέτουμε ότι:

$$Y_1 = V_1(F(t), t) \text{ και } Y_2 = V_2(F(t), t) \quad (3.4)$$

όπου δείχνουν την αξία της προθεσμίας (μακροπρόθεσμα ή βραχυπρόθεσμα) και του χρόνου. Από το λήμμα του Ito προκύπτει [31]:

$$dY_i = \frac{\partial V_i}{\partial F} dF + \frac{\partial V_i}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 V_i}{\partial F^2} dF^2 \dots, \quad (3.5)$$

όπου  $i = 1, 2$  και  $F = F(t)$ . Δεδομένου ότι τα περιουσιακά στοιχεία ακολουθούν τη γεωμετρική κίνηση Brown, από  $(dF^2) = \sigma_F F^2 dt$ , μέσω της (3.5):

$$dY_i = \frac{\partial V_i}{\partial F} dF + \frac{\partial V_i}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \sigma_F F^2 \frac{\partial^2 V_i}{\partial F^2} dt \quad (3.6)$$

Για τη κατασκευή ενός κατάλληλου χαρτοφυλακίου, χρησιμοποιούνται ένα από τα  $Y_1$  και  $Y_2$  χαρτοφυλάκια, ως θέση αγοράς (long position) ένα ποσό, για παράδειγμα, από το  $Y_1$  και ως πώληση (short position) ένα ποσό από το  $\Delta Y_2$ . Η αξία του νέου χαρτοφυλακίου ορίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\Pi = Y_1 - \Delta Y_2 \quad (3.7)$$

Από τις (3.2) και (3.6), στην (3.7) προκύπτει:

$$d\Pi = \left( \frac{\partial V_1}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma_F F^2 \frac{\partial^2 V_1}{\partial F^2} + \mu_F F \frac{\partial V_1}{\partial F} \right) dt - \Delta \left( \frac{\partial V_2}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma_F F^2 \frac{\partial^2 V_2}{\partial F^2} + \mu_F F \frac{\partial V_2}{\partial F} \right) dt + \left( \sigma_F F \frac{\partial V_1}{\partial F} - \Delta \frac{\partial V_2}{\partial F} \right) dW \quad (3.8)$$

Για τη διασφάλιση ότι στο νέο χαρτοφυλάκιο δεν εμφανίζεται κίνδυνος, κατά τη διάρκεια του χρόνου, πραγματοποιείται η αντικατάσταση του  $\Delta$  με  $\frac{\partial V_1 / \partial F}{\partial V_2 / \partial F}$ . Οπότε από την απουσία του arbitrage, προκύπτει:

$$d\Pi = r\Pi dt \quad (3.9)$$

όπου  $r$  είναι το risk-free rate.

Μέσω των (3.8) και (3.9):

$$\left( \frac{\partial V_1}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma_F F^2 \frac{\partial^2 V_1}{\partial F^2} \right) dt - \Delta \left( \frac{\partial V_2}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma_F F^2 \frac{\partial^2 V_2}{\partial F^2} \right) dt = r\Pi dt = r(V_1 - \Delta V_2 dt) \quad (3.10)$$

$$\frac{\left( \frac{\partial V_1}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma_F F^2 \frac{\partial^2 V_1}{\partial F^2} - rV_1 \right)}{\frac{\partial V_1}{\partial F}} = \frac{\left( \frac{\partial V_2}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma_F F^2 \frac{\partial^2 V_2}{\partial F^2} - rV_2 \right)}{\frac{\partial V_2}{\partial F}} \quad (3.11)$$

Παρατηρείται ότι και οι δύο πλευρές της παραπάνω εξίσωσης, είναι ίσες με μια συνάρτηση αρβιτραγε των  $F$  και  $t$ , καθώς το ίδιο ισχύει και για τις  $Y = V(F, t)$ . Έστω ότι η συνάρτηση arbitrage είναι η  $a(F, t) = (\sigma_F \lambda - \mu_F) F$ , όπου  $\lambda = \lambda(F, t)$  είναι η αξία του κινδύνου της αγοράς, οπότε για κάθε  $Y = V(F, t)$ :

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma_F F^2 \frac{\partial^2 V}{\partial F^2} - rV - a(F, t) \frac{\partial V}{\partial F} = 0 \quad (3.12)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma_F F^2 \frac{\partial^2 V}{\partial F^2} - rV - (\sigma_F \lambda - \mu_F) F \frac{\partial V}{\partial F} = 0 \quad (3.13)$$

Από τη στιγμή που τα περιουσιακά στοιχεία θεωρούνται εμπορεύσιμα, λόγω της υπόθεσης ισορροπίας της αγοράς, μέσω της (3.13) προκύπτει  $(\mu_F - \sigma_F \lambda) V - rV = 0$ . Ως εκ τούτου, το  $\lambda = \frac{\mu - r}{\sigma}$  είναι η τιμή του κινδύνου της αγοράς και μέσω του παραπάνω όρου, η (3.13) γράφεται:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma_F^2 F^2 \frac{\partial^2 V}{\partial F^2} - rV + rF \frac{\partial V}{\partial F} = 0 \quad (3.14)$$

Η τελική εξίσωση ονομάζεται Black - Scholes - Merton. Ικανοποιείται από κεφάλαια των οποίων η αξία τους είναι συνάρτηση της αξίας της εταιρείας και του χρόνου.

Προτού αναφερθούν τα αποτελέσματα του Μερτον, πρέπει να αναλυθεί η φύση των μετοχικών κεφαλαίων (equities). Κατά το χρόνο λήξης λοιπόν των υποχρεώσεων που έχει μια εταιρεία, οι ομολογιούχοι θα λάβουν ολόκληρα το ποσό που τους αναλογεί, ενώ οι κάτοχοι των μετοχών λαμβάνουν ότι ποσό έχει συμφωνηθεί. Σε περίπτωση αθέτησης, οι ομολογιούχοι θα πάρουν τον έλεγχο των περιουσιακών στοιχείων, ενώ οι κάτοχοι μετοχών δεν θα λάβουν τίποτα [6].

Είναι σημαντικό και πρέπει κατανοητό το γεγονός ότι οι μετοχές είναι ισοδύναμες με ένα δικαίωμα αγοράς (call option) για την υποκείμενη αξία της εταιρείας, με τιμή αγοράς (strike price) ίσο με την ονομαστική αξία  $D$  του χρέους, κατά τη λήξη του χρόνου που έχει συμφωνηθεί. Η αξία του μετοχικού κεφαλαίου υπολογίζεται από το τον παρακάτω τύπο:

$$E(F, t) = \max[F(T) - D, 0] \quad (3.15)$$

Μέσω της (3.15) προκύπτει ότι, στη περίπτωση όπου η αξία των περιουσιακών στοιχείων είναι μεγαλύτερη από το χρέος, ο μέτοχος κλείνει τη θέση του στη λήξη του συμβολαίου με σκοπό να αποκομίσει κέρδος. Στην αντίθετη περίπτωση, το κέρδος είναι μηδενικό. Ο υπολογισμός της αξίας του χρέους προκύπτει από τη διαφορά της ονομαστικής του αξίας με την αξία που έχουν τα περιουσιακά στοιχεία κατά την πώληση τους ως put option ( $= \max[D - F(t)]$ ):

$$C(F, t) = D - \max[D - F(t)] = \min[F(T), D] \quad (3.16)$$

Οπότε λόγω της φύσης των δικαιωμάτων προαίρεσης που έχουν τα μετοχικά κεφάλαια και το χρέος μια εταιρείας, ο Merton ισχυρίστηκε ότι το Black & Scholes μοντέλο έχει τη δυνατότητα να επεκταθεί και στις κατηγορίες αυτές. Σύμφωνα λοιπόν με την τιμολόγηση των δικαιωμάτων προαίρεσης προκύπτει ότι η αξία του μετοχικού κεφαλαίου και του χρέους ακολουθούν τις παρακάτω εξισώσεις:

$$V_1 = C(F, t) \quad \text{και} \quad V_2 = E(F, t) \quad (3.17)$$

όπου  $N(\cdot)$  είναι η κανονική κατανομή. Από τη (3.16) και την εξίσωση  $C(F, t) = F(t) - E(F, t)$  προκύπτει:

$$\begin{aligned}
E(F,t) &= F(t)N(d_1) - e^{-r(T-t)}DN(d_2) \\
d_{1,2} &= \frac{\log(D/F(t)) \pm (r - \frac{1}{2}\sigma_F^2)(T-t)}{\sigma_F\sqrt{T-t}}
\end{aligned}
\tag{3.18}$$

Το μοντέλου του Merton είναι το θεμέλιο για τη μοντελοποίηση του πιστωτικού κινδύνου και χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη του. Ωστόσο η απλοποίηση των παραδοχών του, το καθιστούν μη ρεαλιστικό. Έτσι η KMV Corporation χρησιμοποιεί το μοντέλο χωρίς τις βασικές αυτές παραδοχές. Το εξελιγμένο μοντέλο της KMV αναλύεται στην επόμενη ενότητα διεξοδικά.

### 3.3 Το μοντέλο Merton's KMV

Το KMV μοντέλο βασίστηκε σε αυτό του Merton και εφαρμόζεται στην αξία των περιουσιακών στοιχείων της εταιρείας. Δηλαδή βάση της εξίσωσης των Black & Scholes, για οποιαδήποτε δεδομένη χρονική στιγμή, θεωρεί τα μετοχικά κεφάλαια ως call option για τα περιουσιακά στοιχεία μιας εταιρείας, με σκοπό τη δημιουργία πιθανοτήτων αθέτησης. Για τη λειτουργία του KMV, χρειάζεται η εκτίμηση των ποσοτήτων των περιουσιακών στοιχείων, τα οποία προκύπτουν από την αξία αγοράς (market value) των μετοχών κεφαλαίου και τη στιγμιαία μεταβλητότητα τους. Οι ποσότητες αυτές είναι η τρέχουσα αξία και η μεταβλητότητα.

Μια εταιρεία θα αθετήσει στη περίπτωση όπου η αξία των περιουσιακών στοιχείων της είναι χαμηλότερη από την αξία του χρέους, όπου ονομάζεται και σημείο αθέτησης. Για τον υπολογισμό της πιθανότητας αθέτησης, η παράμετρος που χρησιμοποιείται ονομάζεται απόσταση από αθέτηση (distance to default – DD). Είναι η διαφορά μεταξύ της αναμενόμενης αξίας των περιουσιακών στοιχείων από το σημείο αθέτησης προς την εκτιμώμενη μεταβλητότητα κατά τη διάρκεια του χρόνου.

Αρχικά, για την εκτίμηση της αξίας και της μεταβλητότητας των περιουσιακών στοιχείων μια εταιρείας, λαμβάνεται υπόψη η υπόθεση του Merton για το μετοχικό κεφάλαιο. Το θεωρεί δηλαδή ως call option στην αξία των περιουσιακών στοιχείων, συναρτήσει του χρόνου. Έτσι προκύπτει η στοχαστική διαφορική εξίσωση [5]:

$$dE = \mu_E E dt + \sigma_E dW \tag{3.19}$$

Όπου  $\mu_E$  είναι το στιγμιαίο αναμενόμενο ποσοστό απόδοσης και  $\sigma_E$  η



μεταβλητότητα. Εν συνεχεία μέσω του λήμματος Ito, η διαφορική γράφεται [31]:

$$\begin{aligned} dE &= \frac{\partial E}{\partial F}dF + \frac{\partial E}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma_F^2 F^2 \frac{\partial^2 E}{\partial F^2} (dF)^2 + \dots \\ &= \left( \frac{1}{2}\sigma_F^2 F^2 \frac{\partial^2 E}{\partial F^2} + \mu_F F \frac{\partial E}{\partial F} + \frac{\partial E}{\partial t} \right) dt + \sigma_F F \frac{\partial E}{\partial F} dW \end{aligned} \quad (3.20)$$

Συγκρίνοντας τις εξισώσεις (3.19) και (3.20) προκύπτει το συμπέρασμα:

$$E_{\sigma_E} = F \sigma_F \frac{\partial E}{\partial F} \quad (3.21)$$

Ως εκ τούτου, η νέα σχέση που προκύπτει μέσω της (3.17) είναι:

$$E_{\sigma_E} = F \sigma_F N(d_1) \quad (3.22)$$

και αντίστοιχα από (3.19) και (3.20):

$$\mu_E = \frac{1}{2}\sigma_F^2 F^2 \frac{\partial^2 E}{\partial F^2} + \mu_F F \frac{\partial E}{\partial F} + \frac{\partial E}{\partial t} \quad (3.23)$$

Στη πράξη, η αξία ενός μετοχικού κεφαλαίου έχει τη δυνατότητα να παρατηρηθεί άμεσα από το χρηματιστήριο, ως ένα οπτιον της υποκείμενης αξίας του περιουσιακού στοιχείου. Η μεταβλητότητα των μετοχικών κεφαλαίων λαμβάνεται από την εκτίμηση της “σιωπηρής” μεταβλητότητας (implied volatility) μέσω μιας παρατηρούμενης τιμής ή μέσω ιστορικών δεδομένων, ακόμα γνωστά είναι το risk-free rate και ο χρόνος λήξης. Όμως άγνωστα παραμένουν, η αξία των περιουσιακών στοιχείων και η μεταβλητότητα της εταιρείας, οπότε για ο προσδιορισμός τους προκύπτει λύνοντας τις (3.17) και (3.21).

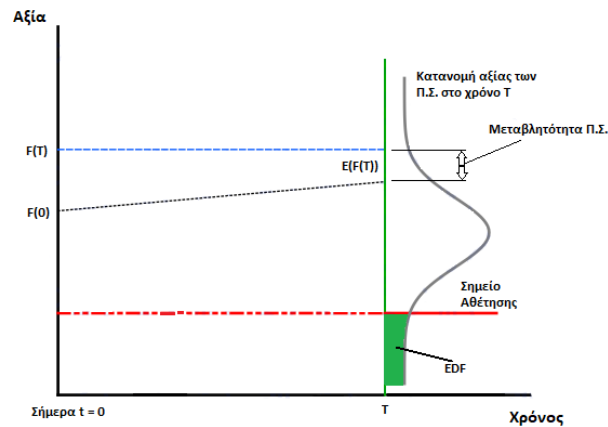
Το KMV μοντέλο, προτού εκτιμήσει τη πιθανότητα αθέτησης, υπολογίζει την αξία των περιουσιακών στοιχείων, τη μεταβλητότητα της εταιρείας και το DD, χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες του Black & Scholes. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η αθέτηση προκύπτει όταν η αξία μιας εταιρείας είναι χαμηλότερη από το σημείο που τίθεται ως αθέτηση. Το DD και η πιθανότητα αθέτησης είναι αντιστρόφως ανάλογα, δηλαδή όσο μεγαλύτερο είναι το DD τόσο μικρότερη είναι η πιθανότητα να αθετήσει μια εταιρεία. Η εξίσωση υπολογισμού είναι:

$$DD = \frac{\ln(F(t)/D) + (r - \frac{1}{2}\sigma_F)(T - t)}{\sigma_F \sqrt{T - t}} \quad (3.24)$$

όπου  $r$  είναι το risk-free rate,  $F(t)$  η τωρινή αξία των περιουσιακών στοιχείων και  $D$  η ονομαστική αξία του χρέους. Εν συνεχεία για τη δημιουργία της πιθανότητας αθέτησης προκύπτει ο τύπος:

$$\begin{aligned}
 P &= P[F(T) < D] \\
 &= P \left[ F(t) \exp \left\{ \left( r - \frac{\sigma_F^2}{2} \right) (T-t) + \sigma_F W_{T-t} \right\} < D \right] \\
 &= P \left[ W_{T-t} < \frac{\ln(F(t)/D) + \left( r - \frac{1}{2} \sigma_F \right) (T-t)}{\sigma_F} \right] \\
 &= P \left[ Z < \frac{\ln(F(t)/D) + \left( r - \frac{1}{2} \sigma_F \right) (T-t)}{\sigma_F \sqrt{T-t}} \right] \\
 &= P[Z < -DD] \\
 &= N(-D)
 \end{aligned} \tag{3.25}$$

Το Διάγραμμα 3.1 παρουσιάζει τη κατανομή της αξίας του ενεργητικού μια εταιρείας κατά τη λήξη του χρόνου που έχει κάποιο χρέος. Όπως παρατηρείται, μια εταιρεία ξεκινάει με Αξία  $F(0)$ , προσθέτοντας το μετοχικό κεφάλαιο  $E(F(T))$  το οποίο κατατέθηκε από τους μετόχους στο χρονικό διάστημα  $T$ , καταλήγει στην Αξία  $F(T)$ . Η απόσταση από το  $F(0)$  έως το Σημείο Αθέτησης ονομάζεται Απόσταση από Αθέτηση και εξαρτάται από το ύψος του χρέους που έχει η εταιρεία.



**Διάγραμμα 3.1:** Κατανομή της αξίας του ενεργητικού

Όμως αυτή η πιθανότητα δεν είναι αντιπροσωπευτική, δεδομένου ότι η αξία της εταιρείας δε μεταφέρεται στο επιτόκιο χωρίς κίνδυνο, άρα καθιστά τα περιουσιακά στοιχεία επικίνδυνα. Οπότε για να προκύψει η αντικειμενική πιθανότητα αθέτησης, είναι αναγκαίο το risk-free rate να αντικατασταθεί με την απόδοση  $\mu_F$  που έχει το περιουσιακό στοιχείο, άρα:

$$N(-\widehat{DD}) = N\left(-\frac{\ln(F(t)/D) + (\mu_F - \frac{\sigma_F^2}{2})T}{\sigma_F\sqrt{T}}\right) \quad (3.26)$$

Για την εκτίμηση του  $\mu_F$  χρησιμοποιείται η εξίσωση (3.21). Στη πραγματικότητα, η πιθανότητα ουδέτερου κινδύνου (risk-neutral probability) είναι το ανώτερο όριο της αντικειμενικής πιθανότητας. Το μοντέλο KMV αναλύθηκε υπό τις υποθέσεις του Merton [12]. Στη συνέχεια της επόμενης ενότητας, αναλύεται το μοντέλο της Moody's το οποίο δε χρησιμοποιεί τις ίδιες υποθέσεις με το KMV. Είναι μια γενικευμένη μορφή του μοντέλου που αναλύθηκε στη παράγραφο αυτή.

### 3.4 Το Μοντέλο VK

Προηγουμένως αναλύθηκε το KMV μοντέλο υπό τις υποθέσεις του Merton, όμως η Moody's δε χρησιμοποιεί τις ίδιες στο μοντέλο της. Από τους Oldrich Vasicek και Stephen Kealhofer δημιουργήθηκε το VK μοντέλο, το οποίο χρησιμοποιεί η Moody's [2]. Είναι μια γενικευμένη μορφή του Μερτον και υιοθετεί μια διαφορετική άποψη για τον υπολογισμό της πιθανότητας αθέτησης. Την ονόμασε EDF – Exprected Default Frequency [15].

Το EDF χρησιμοποιεί μεγάλο όγκο ιστορικών δεδομένων τροποποιώντας κάποιες από τις υποθέσεις του Merton, οι οποίες θα αναφερθούν παρακάτω, για να εκτιμηθεί η εμπειρική συνάρτηση κατανομής του DD. Εφόσον υπολογιστεί η κατανομή αυτή, υπολογίζεται και EDF. Είναι μια φυσική πιθανότητα αθέτησης για μια συγκεκριμένη εταιρεία που μελετάται και υπολογίζεται μέσω ενός λογισμικού που ονομάζεται Credit Monitor (CM). Το πραγματικό ποσοστό της πιθανότητας αθέτησης χαρτογραφείται από 1 έως 5 έτη. Δεδομένου ότι η μοντελοποίηση πραγματοποιείται αποκλειστικά από τη Moody's, η ενημέρωση προς το κοινό αφορά ορισμένες θεμελιώδεις ιδιότητες.

Η Moody's ενσωματώνει τη κεφαλαιακή δομή μια εταιρείας, η οποία αποτελείται από 5 τύπους απαιτήσεων ταμειακών ροών. Είναι οι βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες υποχρεώσεις, οι κοινές και προνομισμακές μετοχές και τα μετατρέψιμα μετοχικά κεφάλαια. Η εταιρεία πληρώνει σε συνεχή χρόνο τα παράγωγα και τους τόκους που κατέχει και έχει τη δυνατότητα να εκδώσει

νέες αξιώσεις ή να επαναγοράσει μετοχές άλλων εταιρειών. Τέλος, πρέπει να ληφθεί υπόψη η αξία των περιουσιακών στοιχείων και των υποχρεώσεων, διότι δεν μπορούν να ισούνται με την αντίστοιχη ονομαστική τους αξία. Είναι αποτέλεσμα του γεγονότος ότι η αγοραία αξία των περιουσιακών στοιχείων δεν διαπραγματεύεται και η αξία των υποχρεώσεων συνάρτηση του χρόνου δεν είναι σταθερή [15][16][17].

Κατά τη Moody's, όταν συμβεί αθέτηση, η αξία της αγοράς των περιουσιακών στοιχείων, βρίσκεται μεταξύ ενός σημείου της συνολικής ονομαστικής αξίας των υποχρεώσεων και των βραχυπρόθεσμων υποχρεώσεων. Ως εκ τούτου, για τον υπολογισμό της πραγματικής πιθανότητας αθέτησης, ο ορισμός ότι η αξία της εταιρείας είναι μικρότερη από την αξία του χρέους, δεν είναι δυνατόν να υπονοηθεί με ακρίβεια. Για το λόγο αυτό, το DD αντιπροσωπεύεται ως ο αριθμός των τυπικών αποκλίσεων της αξίας των περιουσιακών στοιχείων που βρίσκεται μακριά ή κοντά από την αθέτηση. Οπότε ο τύπος είναι [9]:

$$DD = \frac{E(F(T)) - DP}{E(F(T))\sigma_F} \quad (3.27)$$

όπου  $DP = D_S + 1/2D_L$  σημείο αθέτησης, με  $D_S$  το βραχυπρόθεσμο χρέος και  $D_L$  το μακροπρόθεσμο χρέος.

Τέλος, το KMV Moody's μοντέλο χρησιμοποιεί μεγάλη βάση δεδομένων για την εκτίμηση του EDF. Η βάση αυτή, χρησιμεύει για τον προσδιορισμό της σχέσης μεταξύ DD και EDF, ως μια ένα προς ένα σχέση. Λόγω της σχέσης αυτή, δύο διαφορετικές εταιρείες, ανεξαρτήτου βιομηχανίας και γεωγραφικής θέσης, με ίδιο DD θα έχουν το ίδιο EDF.

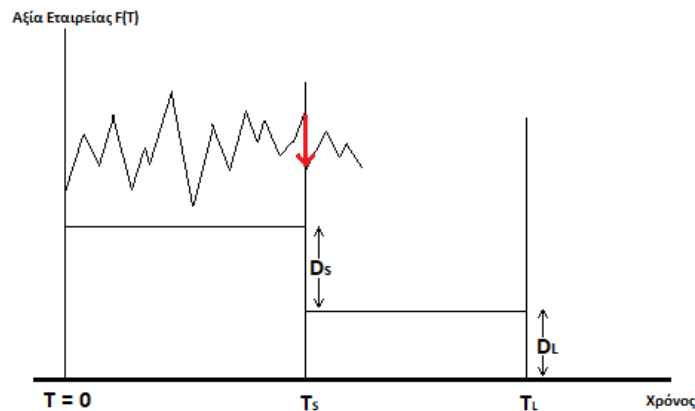
Στη πραγματικότητα, η χρήση της κανονική κατανομής με σκοπό τη πρόβλεψη της πιθανότητας αθέτησης είναι πολύ φτωχή επιλογή. Όπως αναφέρθηκε, από τη προσέγγιση του Merton, το σημείο αθέτησης είναι σταθερό και ισούται με τη χρέος. Παρόλα αυτά, η προσέγγιση της Moody's ως προς το σημείο αθέτησης σχετίζεται με τη προσαρμογή του χρέους κάθε εταιρείας καθώς πλησιάζουν την αθέτηση, δηλαδή την αναπροσαρμογή ή την έκδοση νέου χρέους. Επιπλέον, ο χρόνος αθέτησης δεν συνδέεται πάντα με τη χρόνο λήξης της υποχρέωσης της εταιρείας, θα μπορούσε να συμβεί οποιαδήποτε στιγμή [9]. Στη συνέχεια, αναλύεται η περίπτωση όπου μια εταιρεία έχει δυο κατηγορίες χρέους με ένα μετοχικό κεφάλαιο και η διαφορά τους αφορά το χρόνο λήξης.

### 3.5 Βραχυπρόθεσμο και Μακροπρόθεσμο χρέος

Οι υποθέσεις του Merton θεωρούσαν ότι η κεφαλαιακή δομή του χρέους αποτελούταν από μια κατηγορία χρέους και μετοχών. Στη συγκεκριμένη ε-

νότητα, αναλύεται η επέκταση της παραπάνω υπόθεσης, από μια κατηγορία χρέους σε δύο, με ένα μετοχικό κεφάλαιο. Τα χρέη διαφοροποιούνται ανάλογα με τη λήξη τους, δηλαδή είτε βραχυπρόθεσμα, είτε μακροπρόθεσμα. Το βραχυπρόθεσμο χρέος έχει λήξη  $T_S$  ενώ το μακροπρόθεσμο αντίστοιχα  $T_L$ , με αξίες  $D_S$  και  $D_L$  αντίστοιχα.

Στη προκείμενη περίπτωση, η αξία του μετοχικού κεφαλαίου και εκτίμηση της πιθανότητας αθέτησης έχουν νέες υποθέσεις. Έστω λοιπόν ότι ο χρόνος εμφάνισης του χρέους τη στιγμή  $t = 0$  και ο χρόνος αποπληρωμής πραγματοποιείται τη στιγμή  $t = T_S$ . Στη περίπτωση όπου δεν πραγματοποιηθεί η πληρωμή τότε συμβαίνει αυτόματα αθέτηση, σε αντίθετη περίπτωση εάν η εταιρεία επιζήσει, τη χρονική στιγμή  $t = T_S$ , η αξία της θα μειωθεί κατά την αξία του χρέους  $D_S$  (βραχυπρόθεσμο). Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.2, όταν φτάσει στη στιγμή  $T_L$ , η εταιρεία υποχρεούται να πληρώσει το δεύτερο χρέος αξίας  $D_L$ . Αντίστοιχα, αν δεν προβεί σε πληρωμή τότε αυτόματα αθετεί, ενώ αντίστροφα εάν πραγματοποιήσει τη πληρωμή τότε η αξία της θα μειωθεί κατά  $D_L$ .



**Διάγραμμα 3.2:** Δύο κατηγορίες χρέους

Για τον υπολογισμό της αξίας της εταιρείας και της πιθανότητας αθέτησης, θα πρέπει αρχικά να χωρίσουμε το χρόνο σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη είναι αυτή της  $0 \rightarrow T_S$  και η δεύτερη αυτή της  $T_S \rightarrow T_L$ . Ο υπολογισμός πραγματοποιείται αντίστροφα, δηλαδή πρώτα μελετάται το χρονικό διάστημα  $T_S \rightarrow T_L$  και στη συνέχεια το  $0 \rightarrow T_S$ . Κατά τη λήξη λοιπόν του  $T_L$ , η αξία ισούται με  $\min(F(T_L), D_L)$  και το μετοχικό κεφάλαιο έχει αξία  $\max(F(T_S) - D_S, 0)$ . Ο κάτοχος του ομολόγου παίρνει την αξία του χρέους, ενώ ο μέτοχος τη διαφορά της αξίας της εταιρείας με το χρέος, στη περίπτωση όπου η αξία της εταιρείας είναι μεγαλύτερη από την αξία του χρέους.

Από τις Black & Scholes εξισώσεις (3.14) και (3.17) με σημείο αναφοράς τη χρονική περίοδο μεταξύ  $T_S$  και  $T_L$ , η αξία του μετοχικού κεφαλαίου υπολογίζεται από:

$$E(F, t) = F(t)N(d_1^{T_S}) - D_L e^{-r(T-t)}N(d_2^{T_S})$$

$$d_{1,2}^{T_S} = \frac{\log(F(T_S)/D_L) \pm (r - \frac{1}{2}\sigma_F^2)(T_L - t)}{\sigma_F \sqrt{T_S - T_L}} \quad (3.28)$$

όπου  $N(\cdot)$  είναι η αθροιστική κανονική κατανομή.

Δεδομένου ότι η μελέτη γίνεται με αντίστροφη ροή και η εταιρεία δεν δύναται να χρηματοδοτήσει νέες επενδύσεις για να καλύψει το χρέος της, η αξία της έχει διακριτό άλμα τη στιγμή  $T_S$ . Το ενδιαφέρον εμφανίζεται στη μελέτη πριν και μετά τη χρονική αυτή στιγμή, δηλαδή τις  $T_S^+$  και  $T_S^-$ , οπότε προκύπτει ο τύπος:

$$F(T_S^-) = F(T_S^+) + D_S \quad (3.29)$$

$$E(T_S^-, F_S^-) = E(T_S^+, F_S^+) \quad (3.30)$$

Τη στιγμή  $T_S^-$ , το χρέος έχει τη τιμή  $\min(D_S, F(T_S^-))$  και το κεφάλαιο αντίστοιχα  $\max(E(T_S^-, F(T_S^-)), 0)$ . Μέσω της υπόθεσης ότι οι μετοχές θεωρούνται και ως option στην αξία της εταιρείας, το call option μπορεί να θεωρείται και ως option πάνω στο option ή κάποιος συνδυασμό αυτών. Οπότε μέσω των (3.28) και (3.29) η αξία του μετοχικού κεφαλαίου υπολογίζεται από:

$$E(F(t), t) = \begin{cases} 0 & 0 < F(t) < D_S \\ C_{B\&S}(F(t) - D_S, t; D_L, T_L) & F(t) > D_S \end{cases} \quad (3.31)$$

Η πιθανότητα αθέτησης, δεδομένου ότι υπάρχουν δύο κατηγορίες χρέους με ένα μετοχικό κεφάλαιο, υπολογίζεται μέσω της πιθανότητας επιβίωσης των δύο κατηγοριών. Στη συνέχεια πολλαπλασιάζονται οι δύο πιθανότητες και προκύπτει η πιθανότητα αθέτησης τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Για τη περίοδο  $0 \rightarrow T_S$  η πιθανότητα επιβίωσης υπολογίζεται από:

$$\begin{aligned} S_{T_S} &= 1 - P[F(T_S) < D_S] \\ &= 1 - n(-DD_S) \\ &= N(DD_S) \end{aligned} \quad (3.32)$$

---

και αντίστοιχα για την περίοδο  $T_S \rightarrow T_L$ :

$$\begin{aligned} S_{T_L} &= 1 - P[F(T_S) - D_S < D_{T_L}] \\ &= 1 - n(-DD_L) \\ &= N(DD_L) \end{aligned} \tag{3.33}$$

Άρα για τη πιθανότητα αθέτησης PD:

$$\begin{aligned} DP &= 1 - S_{T_L} \times S_{T_S} \\ &= 1 - N(-DD_S) \cdot N(-DD_S) \end{aligned} \tag{3.34}$$

Για ακόμα μια φορά, δεν είναι δυνατόν να απλοποιηθεί η εκτίμηση της πιθανότητας αθέτησης, λόγω των άγνωστων ποσοτήτων  $F(t)$  και  $\sigma_F$ . Ωστόσο ο προσδιορισμός τους, καθίσταται δυνατός μέσω των (3.21) και (3.31). Με τη γνώση των υπόλοιπων παρατηρήσιμων ποσοτήτων (αναφέρθηκαν παραπάνω), προσδιορίζεται η πιθανότητα αθέτησης για την περίπτωση των δύο κατηγοριών χρέους.

### 3.6 Ανακεφαλαίωση

Το μοντέλο της KMV Corporation βασίζεται στην ιδέα ότι τα μετοχικά κεφάλαια (equities) ενός ιδρύματος, μπορούν να θεωρηθούν ως δικαιώματα προαίρεσης των υποκείμενων αξιών των περιουσιακών στοιχείων μιας εταιρείας, σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Στο κεφάλαιο αναλύθηκαν τα τρία μοντέλα πρόβλεψης αθετήσεων, το βασικό μοντέλο του Merton, το μοντέλο Merton's KMV και το VK Μοντέλο. Τέλος, παρουσιάστηκε η περίπτωση υπολογισμού της πιθανότητας αθέτησης όταν υπάρχουν δύο κατηγορίες χρέους με ένα μετοχικό κεφάλαιο.

Το μοντέλο του Μερτον αποτελεί το θεμέλιο για τη μοντελοποίηση του πιστωτικού κινδύνου και χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη του. Ωστόσο η απλοποίηση των παραδοχών του, το καθιστούν μη ρεαλιστικό. Έτσι η KMV Corporation χρησιμοποιεί το μοντέλο χωρίς τις βασικές του παραδοχές.

Το εξελιγμένο μοντέλο της KMV βασίστηκε σε αυτό του Merton και εφαρμόζεται στην αξία των περιουσιακών στοιχείων της εταιρείας. Βάση της εξίσωσης των Black & Scholes, για οποιαδήποτε δεδομένη χρονική στιγμή, θεωρεί τα μετοχικά κεφάλαια ως call option για τα περιουσιακά στοιχεία μιας εταιρείας, με σκοπό τη δημιουργία πιθανοτήτων αθέτησης. Για τη λειτουργία

---

του KMV, χρειάζεται η εκτίμηση των ποσοτήτων των περιουσιακών στοιχείων, τα οποία προκύπτουν από την αξία αγοράς (market value) των μετοχών κεφαλαίου και τη στιγμιαία μεταβλητότητα τους. Οι ποσότητες αυτές είναι η τρέχουσα αξία και η μεταβλητότητα. Το KMV μοντέλο, προτού εκτιμήσει τη πιθανότητα αθέτησης, υπολογίζει την αξία των περιουσιακών στοιχείων, τη μεταβλητότητα της εταιρείας και το DD, χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες του Black & Scholes. Η αθέτηση προκύπτει όταν η αξία μιας εταιρείας είναι χαμηλότερη από το σημείο που τίθεται ως αθέτηση. Η πιθανότητα ουδέτερου κινδύνου (risk-neutral probability) είναι το ανώτερο όριο της αντικειμενικής πιθανότητας.

Στην παρούσα ενότητα, είδαμε ότι στο μοντέλο της, η Moody's δε χρησιμοποιεί τις ίδιες του KMV μοντέλου υπό τις υποθέσεις του Merton. Η Moody's χρησιμοποιεί το VK μοντέλο που δημιούργησαν οι Oldrich Vasicek και Stephen Kealhofer και το οποίο αποτελεί μια γενικευμένη μορφή του Μερτον και υιοθετεί μια διαφορετική άποψη για τον υπολογισμό της πιθανότητας αθέτησης. Δεδομένου ότι η μοντελοποίηση πραγματοποιείται αποκλειστικά από τη Moody's, η ενημέρωση προς το κοινό αφορά ορισμένες θεμελιώδεις ιδιότητες. Η Moody's ενσωματώνει τη κεφαλαιακή δομή μια εταιρείας, η οποία αποτελείται από 5 τύπους απαιτήσεων ταμειακών ροών. Είναι οι βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες υποχρεώσεις, οι κοινές και προνομιακές μετοχές και τα μετατρέψιμα μετοχικά κεφάλαια. Η εταιρεία πληρώνει σε συνεχή χρόνο τα παράγωγα και τους τόκους που κατέχει και έχει τη δυνατότητα να εκδώσει νέες αξιώσεις ή να επαναγοράσει μετοχές άλλων εταιρειών.

Τέλος, πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν η αξία των περιουσιακών στοιχείων και των υποχρεώσεων, διότι δεν μπορούν να ισούνται με την αντίστοιχη ονομαστική τους αξία. Είναι αποτέλεσμα του γεγονότος ότι η αγοραία αξία των περιουσιακών στοιχείων δεν διαπραγματεύεται και η αξία των υποχρεώσεων συνάρτηση του χρόνου δεν είναι σταθερή. Η προσέγγιση της Moody's ως προς το σημείο αθέτησης σχετίζεται με τη προσαρμογή του χρέους κάθε εταιρείας καθώς πλησιάζουν την αθέτηση, δηλαδή την αναπροσαρμογή ή την έκδοση νέου χρέους. Επιπλέον, ο χρόνος αθέτησης δεν συνδέεται πάντα με τη χρόνο λήξης της υποχρέωσης της εταιρείας, θα μπορούσε να συμβεί οποιαδήποτε στιγμή. Στη συνέχεια του κεφαλαίου, αναλύθηκε η επέκταση της παραπάνω υπόθεσης, από μια κατηγορία χρέους σε δύο, με ένα μετοχικό κεφάλαιο. Τα χρέη διαφοροποιούνταν ανάλογα με τη λήξη τους, δηλαδή είτε βραχυπρόθεσμα, είτε μακροπρόθεσμα. Η απλοποίηση της εκτίμησης της πιθανότητας αθέτησης, είναι εφικτή με τη χρήση της επέκτασης που αναλύθηκε, η οποία μπορεί να προσδιορίσει την πιθανότητα αθέτησης για την περίπτωση των δύο κατηγοριών χρέους.



# Κεφάλαιο 4

## Δοκιμή μοντέλου

### 4.1 Εισαγωγή

Στη βασική ιδέα του Merton βασίστηκε το δομικό μοντέλο KMV, το οποίο εφαρμόζεται στην αξία των περιουσιακών στοιχείων της εταιρείας. Η εκτίμηση των ποσοτήτων των περιουσιακών στοιχείων για οποιαδήποτε δεδομένη χρονική στιγμή, δίνουν τη δυνατότητα στο KMV προβλέψει την πιθανότητα αθέτησης μια εταιρείας. Η υπόθεση που βασίζεται είναι ότι η αξία των περιουσιακών στοιχείων μιας εταιρείας ακολουθεί τη γεωμετρική κίνηση Brown.

Στο παρόν κεφάλαιο, αρχικά παρουσιάζεται ο τρόπος επιλογής και υπολογισμού των παραμέτρων που μελετώνται. Στη συνέχεια υπολογίζεται η Πιθανότητα Αθέτησης βάση της κανονικής κατανομής (3.26) και ταυτόχρονα θα υπολογιστεί η Απόσταση από Αθέτηση. Ο σκοπός του υπολογισμού των δύο παραπάνω είναι η σύγκριση τους και κατά πόσο υπάρχει επιρροή μεταξύ τους. Τέλος παρουσιάζονται και αναλύονται διαγράμματα που μεταξύ των αποτελεσμάτων που προέκυψαν.

### 4.2 Εκτίμηση Παραμέτρων

Για τον υπολογισμό και την εκτίμηση των παραμέτρων του KMV μοντέλου, χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού R και το SPSS Modeler. Καθώς γίνουν γνωστές όλες οι παράμετροι του, καθίσταται δυνατός ο υπολογισμός του DD μέσω του πακέτου “Distance to default - DtD” [36]. Δεδομένου της υπόθεσης ότι, η αξία της εταιρείας ακολουθεί τη γεωμετρική κίνηση Brown, η Πιθανότητα Αθέτησης υπολογίζεται από την εξίσωση 3.26, χρησιμοποιώντας τη κανονική κατανομή. Τα βήματα υπολογισμού είναι τα ακόλουθα:

---

## Μεταβλητότητα

Η μεταβλητότητα των μετοχικών κεφαλαίων υπολογίζεται από ιστορικά δεδομένα αποδόσεων τους. Βάση της υπόθεσης ότι η τιμή μετοχής ακολουθεί τη γεωμετρική κίνηση Brown, προκύπτει ότι  $\mu_i$  είναι ο λογάριθμός των τιμών κλεισίματος της  $i$ -στής ημέρας προς την προηγούμενης, δηλαδή:

$$\mu_i = \ln \frac{S_i}{S_{i-1}}$$

Στη συνέχεια από τα ιστορικά αυτά δεδομένα, η μεταβλητότητα  $\sigma_E$  προκύπτει από τον τύπο του Hull για ένα χρόνο:

$$\sigma_E = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \mu_i^2 - \frac{1}{(n-1)n} (\sum_{i=1}^n \mu_i)^2}}{\sqrt{1/n}}$$

όπου  $n$  είναι οι ημέρες συναλλαγών, περίπου 253 ανά χρόνο.

## Η τιμή αγοράς

Η τιμή αγοράς των μετοχικών κεφαλαίων προκύπτει από το Yahoo Finance, κατά την έναρξη κάθε έτους που μελετάται η πρόβλεψη.

## Επιτόκιο χωρίς κίνδυνο

Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιούνται τα ποσοστά απόδοσης ενός χρόνου του δημοσίου ως επιτόκιο χωρίς κίνδυνο. Τα δεδομένα είναι από το Υπουργείο Οικονομικών των Η.Π.Α.[35]. Όμως το επιτόκιο κυμαίνεται από μήνα σε μήνα, οπότε λαμβάνεται ο μέσος όρος των ποσοστών απόδοσης των 12 μηνών.

## Χρόνος και Υποχρεώσεις

Επειδή η δομή και των υποχρεώσεων μια εταιρείας είναι πολύπλοκη και δεν υπάρχει πρόσβαση σε λεπτομέρειες, προκύπτει η υπόθεση ότι οι υποχρεώσεις λήγουν εντός του ενός έτους, οπότε ο χρόνος είναι  $t = T - t_0 = 1$ . Τα δεδομένα των υποχρεώσεων προέκυψαν από το Yahoo Finance και χρησιμοποιήθηκε η στήλη Liabilities ανά χρόνο.

Εφόσον εκτιμηθούν όλες οι προαναφερθείσες παράμετροι, θα ακολουθήσει η διαδικασία υπολογισμού της Απόστασης από Αθέτηση (DD) και στη συνέχεια μέσω αυτής, ακολουθεί ο υπολογισμός της Πιθανότητας Αθέτησης

(PD). Όπως έχει αναφερθεί, η αξία του περιουσιακού στοιχείου μιας εταιρείας ακολουθεί τη γεωμετρική κίνηση Brown. Η DD υπολογίζεται από την εξίσωση 3.24 και η PD υπολογίζεται μέσω μιας απλής αντικατάστασης στην εξίσωση 3.26. Στην επόμενη ενότητα ακολουθεί η παρουσίαση των δεδομένων, όπου η επεξεργασία τους έγινε μέσω του SPSS Modeler. Η εκτίμηση των DD & PD πραγματοποιήθηκε μέσω της γλώσσας προγραμματισμού R.

### 4.3 Παρούσιαση και Ανάλυση Δεδομένων

Η επιλογή δεδομένων αφορά 18 εταιρείες για την παρατήρηση των Πιθανοτήτων Αθέτησης από το 2017 έως το 2019. Οι 6 από αυτές ανήκουν στο κλάδο του χονδρικού εμπορίου (Wholesale), οι 6 εταιρείες από το κλάδο της ενέργειας (Energy) και οι υπόλοιπες 6 από τη κλάδο Ηλεκτρικών και Ηλεκτρονικών (Electrical & Electronical). Η επιλογή των τριών διαφορετικών κλάδων έχει ως σκοπό τη σύγκριση τους όσον αφορά την υγεία στην οποία βρίσκονται οι εταιρείες αυτές.

Στο παράρτημα παρουσιάζονται όλες οι παράμετροι που χρειάστηκαν για την εξόρυξη των αποτελεσμάτων. Αναφέρονται, η μεταβλητότητα των μετοχικών κεφαλαίων, η αξία των μετοχικών κεφαλαίων και οι υποχρεώσεις, όπου είναι πάντα μεγαλύτερα του 0. Παρατηρείται ότι το PD διαφέρει από εταιρεία σε εταιρεία. Στη συνέχεια αναλύονται τα αποτελέσματα κατηγοριοποιημένα τα αναλόγως με τα έσοδα (revenue), δηλαδή κατηγοριοποιούνται σε φτωχές (poor), κανονικές (normal) και καλές (good), στα Δείγμα 1, Δείγμα 2 και Δείγμα 3 αντίστοιχα. Ακολουθεί ο πίνακας με τις κατηγορίες για το έτος 2017, για το οποίο θα γίνει η ανάλυση:

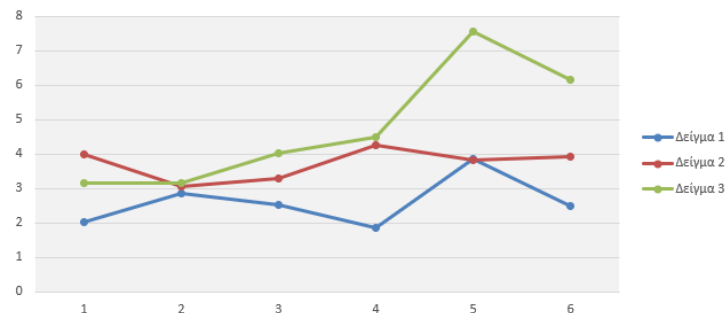
#### *DD και PD*

**Πίνακας 4.1:** DD και PD για τα τρία δείγματα του έτους 2017

Δείγμα 1		Δείγμα 2		Δείγμα 3	
DD	PD	DD	PD	DD	PD
4.1679	1.54E-05	3.9743	3.53E-05	4.0075	3.07E-05
5.0337	2.41E-07	3.0443	1.17E-03	3.1532	8.07E-04
2.5047	6.13E-03	3.2721	5.34E-04	2.1536	1.56E-02
1.8624	3.13E-02	4.2523	1.06E-05	7.5651	1.94E-14
2.4941	6.31E-03	3.8214	6.64E-05	4.4753	3.82E-06
3.8677	5.49E-05	3.9196	4.44E-05	6.1599	3.64E-10

Σε γενικές γραμμές, η καλή επίδοση μιας εταιρείας αφορά μικρή πιθανότητα αθέτησης, ενώ η κακή επίδοση αντίθετα έχει μεγαλύτερη πιθανότητα αθέτησης. Όσον αφορά τη κανονική επίδοση, παρατηρείται ότι κυμαίνεται ενδιάμεσα στις κακές και καλές επιδόσεις. Από το Πίνακα 4.1 παρατηρείται ότι το DD βάσει της μέσης τιμής των δειγμάτων, ανακαλύπτεται ότι είναι 4.6 για την καλή (good), 3.7 για την κανονική (normal) και 3.3 για την φτωχή (poor) αντίστοιχα. Από τα τρία αυτά δείγματα φαίνεται ότι όσο πιο μεγάλη είναι η Απόσταση από Αθέτηση, τόσο πιο μικρή είναι η Πιθανότητα Αθέτησης, δηλαδή είναι αντιστρόφως ανάλογα. Ανάμεσα στα δείγματα παρατηρείται ότι τα αποτελέσματα τους είναι σχετικά κοντά. Για παράδειγμα στο Δείγμα 3 η εταιρεία με τη δεύτερη μεγαλύτερη PD, έχει DD ίσο με 6.1599 και PD ίσο με  $3.64E - 10$ , αντίστοιχα από το Δείγμα 1 η εταιρεία με τη μεγαλύτερη PD, έχει DD ίσο με 5.0337 και PD ίσο με  $2.41E - 07$  και τέλος αυτή του Δείγματος 2 έχει DD ίσο με 4.2523 και PD ίσο με  $1.06E - 05$ . Το αντίστοιχο ισχύει για τις εταιρείες με τη μικρότερη Απόσταση από Αθέτηση.

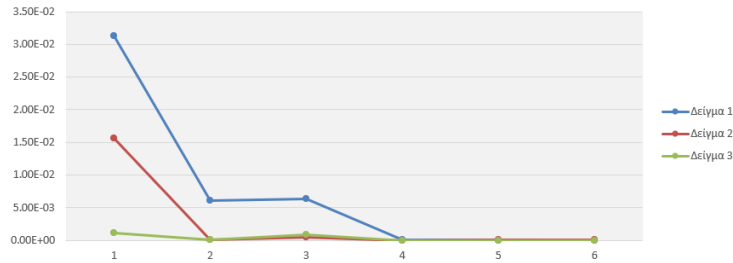
Το Διάγραμμα 4.1 παρουσιάζει το DD των τριών κλάδων που μελετήθηκαν βάσει των αντίστοιχων αποδόσεων τους. Οι διαφορές που παρατηρούνται είναι αποτέλεσμα των αποδόσεων τους, δηλαδή οι περισσότερες εταιρείες του Δείγματος 3 έχουν την καλύτερη επίδοση από τις υπόλοιπες των άλλων δειγμάτων. Δύο εταιρείες είναι σε ελάχιστα χαμηλότερη θέση από το Δείγμα 1, και μια λίγο πιο χαμηλά από αυτήν του Δείγματος 2. Τέλος οι εταιρείες του Δείγματος 1 δείχνουν ότι έχουν τις χαμηλότερες αποδόσεις από τα δύο άλλα Δείγματα. Αντίστοιχα αυτές του Δείγματος 3, είναι φανερό ότι έχουν τις καλύτερες αποδόσεις.



**Διάγραμμα 4.1:** Σύγκριση των DD (2017)

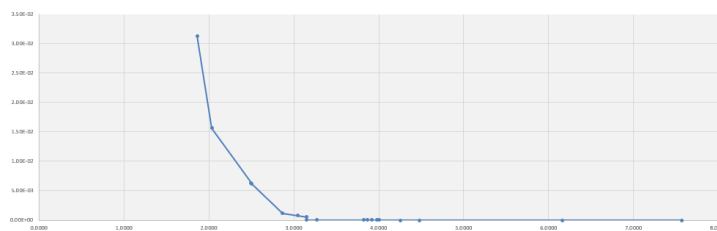
Το Διάγραμμα 4.2 παρουσιάζει τη λειτουργία του PD και τις διαφορές μεταξύ των δειγμάτων, αναλόγως της Απόστασης από Αθέτηση. Παρατηρείται ότι

δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ του κανονικού δείγματος (Δείγμα 2 - normal) και του καλού (Δείγμα 3 - good), δηλαδή η μεγάλη διαφορά υπάρχει μόνο σε δύο εταιρείες, οπότε ενδέχεται να μην ικανοποιεί το πραγματικό σενάριο. Είναι φανερό ότι το Δείγμα 1 (poor) βρίσκεται στη "χειρότερη" θέση από τα άλλα δύο, το οποίο ικανοποιεί το πραγματικό σενάριο. Τέλος παρατηρείται ότι οι αριθμητικές τιμές και στα τρία δείγματα είναι μικρές.



**Διάγραμμα 4.2:** Σύγκριση των PD (2017)

Από το Διάγραμμα 4.3 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ DD και PD. Στον οριζόντιο άξονα είναι οι τιμές του DD όλων των εταιριών, ενώ στον κάθετο άξονα είναι οι τιμές των PD. Είναι ξεκάθαρη η αντίστροφη σχέση μεταξύ DD και PD. Όσο μεγαλύτερη είναι η DD τόσο μικρότερη θα είναι η PD. Από την τιμή 3 της DD και πίσω, το συμπέρασμα είναι φανερό. Μόλις όμως περάσει τη τιμή 3 το DD, η σχέση βρίσκεται πολύ κοντά στο μηδέν και δείχνει να μην είναι ευαίσθητη PD ως προς το DD. Αυτό το φαινόμενο εξηγεί ότι όταν το DD φτάσει σε ορισμένα σημεία σταματάει να είναι ευάλωτο στο PD, επομένως καθιστά δύσκολη τη διάκριση αξιοπιστίας μιας εταιρείας.

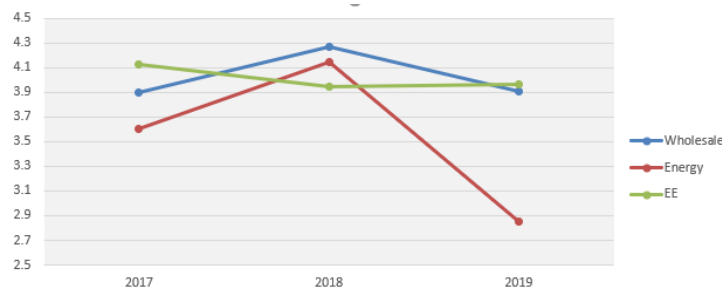


**Διάγραμμα 4.3:** Σχέση μεταξύ των PD & DD (2017)

### ***DD και Μεταβλητότητα των Κλάδων***

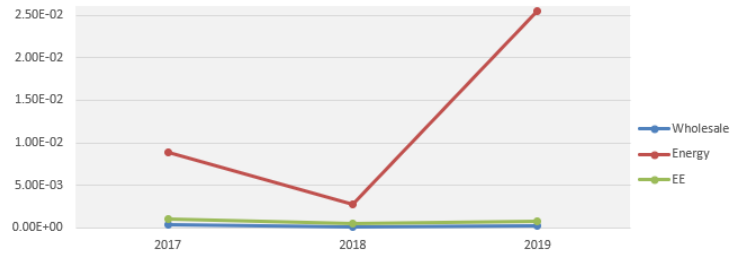
Εν συνεχεία, δίνεται έμφαση στους κλάσους όπου ανήκουν οι εταιρείες και γίνεται σύγκριση του DD και PD βάσει της Μεταβλητότητας των κλάδων, που προκύπτει από τα διαφορετικά οικονομικά κριτήρια μέσω των Περιουσιακών

Στοιχείων κάθε εταιρείας. Το Διαγράμμα 4.4 παρουσιάζει τη σύγκριση των Μέσων Τιμών του DD βάση των κλάδων για τα τρία αυτά έτη. Η μεταβλητότητα του κλάδου της Ενέργειας είναι 2.721 για το 2017, 2.521 για το 2018 και 2.21 για το 2019, αντίστοιχα για τον κλάδο του Χονδρικού Εμπορίου είναι 2.314, 2.013 και 2.38 και τέλος για τον κλάδο της Ενέργειας, 2.972, 2.332, 3.339. Ο κλάδος της του Χονδρικού Εμπορίου με τον κλάδο Ηλεκτρικών και Ηλεκτρονικών και στα τρία έτη είναι σχετικά κοντά, δηλαδή για το έτος 2017 ο κλάδος της Χονδρικού Εμπορίου έχει Μέση Τιμή για το DD ίσο με 3.9 και αυτός των Ηλεκτρικών & Ηλεκτρονικών έχει τιμή ίση περίπου με 4.1. Ο κλάδος της ενέργειας είναι πιο χαμηλά για το έτος αυτό. Στο έτος 2018 δείχνει ότι οι Μέσες Τιμές τους είναι αρκετά κοντά. Τέλος για το έτος 2019 οι κλάδοι του Χονδρικού Εμπορίου και των Ηλεκτρικών και Ηλεκτρονικών είναι σχεδόν ίσες, ενώ της ενέργειας βρίσκεται πολύ χαμηλά. Οπότε επιβεβαιώνεται η υπόθεση που προέκυψε μέσω της εξίσωσης (3.24), ότι η μεταβλητότητα είναι αντιστρόφος ανάλογη της Απόστασης από Αθέτηση. Δηλαδή, για το έτος 2019 οι κλάδοι του Χονδρικού εμπορίου και των Ηλεκτρικών & Ηλεκτρονικών έχουν σχεδόν ίσες μεταβλητότες ενώ για τον κλάδο της ενέργειας η μεταβλητότητα είναι πολύ μεγαλύτερη.



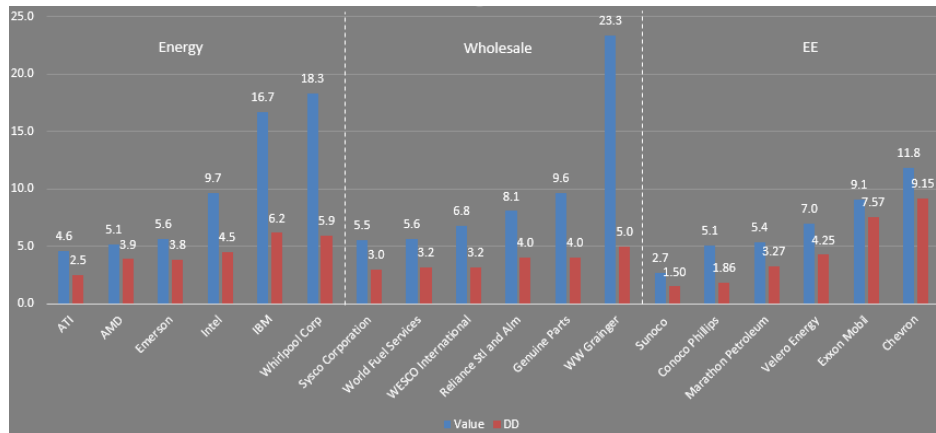
**Διάγραμμα 4.4:** Συγκρίσεις Μ.Τ. των DD

Τώρα μέσω του Διαγράμματος 4.5 παρουσιάζονται οι Μέσες Τιμές της PD για τα τρία έτη που έχουν ανακτηθεί τα δεδομένα. Παρατηρείται ότι η βιομηχανία της Ενέργειας διαφέρει των άλλων δύο, όμως αυτές του κλάδου Ηλεκτρικών και Ηλεκτρονικών και του Χονδρικού Εμπορίου είναι κοντά. Έτσι επιβεβαιώνεται το συμπέρασμα που προέκυψε, ότι η απόσταση από Αθέτηση είναι αντιστρόφος ανάλογη της Πιθανότητας Αθέτησης. Επιπλέον όσο πιο κοντά είναι η Απόσταση από Αθέτηση τόσο κοντά θα είναι και η Πιθανότητα Αθέτησης μεταξύ των κλάδων, έτσι η διάκριση αξιοπιστίας των εταιρειών αυτών είναι δύσκολο να διακριθεί λόγω κοντινών τιμών τους. Επιπλέον μέσω του κλάδου της Ενέργειας επιβεβαιώνεται και το συμπέρασμα που προέκυψε ότι η διαφορά στην PD οφείλεται στις μεγάλες τιμές της DD.



**Διάγραμμα 4.5:** Συγκρίσεις M.T. των PD

Το Διάγραμμα 4.6 απεικονίζει τη σχέση του DD και της αξίας της εταιρείας και στις τρεις βιομηχανίες. Για κάθε εταιρεία η μπλέ μπάρα παρουσιάζει την αξία της και η κόκκινη το DD. Παρατηρείται ότι όσο μεγάλη είναι η αξία των μετοχικών κεφαλαίων, τόσο μεγαλύτερη είναι η DD και βάση των προηγούμενων, προκύπτει ότι η Πιθανότητα να αθετήσει μια εταιρεία θα είναι μικρότερη.



**Διάγραμμα 4.6:** DD και Αξία των 3ων κλάδων (2017)

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψε μέσω των παραπάνω διαγραμμάτων, έδωσε το συμπέρασμα ότι η Απόσταση από Αθέτηση είναι αντιστρόφως ανάλογη της Πιθανότητας Αθέτησης. Στη περίπτωση σύγκρισης της αξίας μιας εταιρείας και της Απόστασης από Αθέτηση, το συμπέρασμα ήταν ότι είναι ανάλογα. Ωστόσο υπάρχει το ενδεχόμενο να μην είναι τόσο ακριβής όσο θα περίμενε κάποιος, διότι η Moody's δεν έχει δημοσιεύσει όλες τις πληροφορίες ως τον υπολογισμό του. Κατά αυτόν τον τρόπο λοιπόν προεκύψε ο παραπάνω προσεγγιστικός τρόπος.

---

## 4.4 Συμπεράσματα

Το KMV μοντέλο είναι δομικό μοντέλο, που όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο βασίζεται στην ιδέα του Merton. Έχει συγκεκριμένη θεωρία και χρησιμοποιεί την αξία των μετοχών και διάφορων χρηματοοικονομικών δεδομένων, προσφέροντας αξιόπιστα αποτελέσματα για την εκτίμηση του Πιστωτικού Κινδύνου. Ωστόσο υπάρχει το ενδεχόμενο να μην είναι τόσο ακριβής όσο θα περίμενε κάποιος.

Κατά τη δημιουργία της Πιθανότητας Αθέτησης μια εταιρείας, υπήρχε η υπόθεση ότι η αξία των περιουσιακών στοιχείων μια εταιρείας ακολουθεί τη γεωμετρική κίνηση Brown, όμως η επιλογή της κανονικής κατανομής δε θεωρείται καλή επιλογή για τον καθορισμό της [9]. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, η Moody's χρησιμοποιεί μεγάλη βάση ιστορικών δεδομένων των εταιρειών που ανήκουν στις Η.Π.Α., με σκοπό την εύρεση της σχέσης μεταξύ DD και PD. Παρόλα αυτά, προκύπτει το ερώτημα εάν αυτή η βάση δεδομένων θεωρείται αρκετά επαρκής για να εφαρμοστεί σε διαφορετικές βιομηχανίες και αγορά, θεωρώντας το σημείο αθέτησης ως μεταβλητή και όχι ως σταθερό σημείο [9]. Προκύπτουν και άλλοι λόγοι που καθιστούν το ερώτημα αυτό ορθό, όπως η υπόθεση ότι η πραγματική αξία των Περιουσιακών Στοιχείων μιας εταιρείας προκύπτει από την αγοραία αξία των μετοχικών κεφαλαίων. Ενδέχεται η υπόθεση αυτή να είναι λανθασμένη σε κάποιες περιπτώσεις, διότι υπάρχει το ενδεχόμενο να προκύψει αναξιοπιστία στα λογιστικά δεδομένα. Το κρίσιμο σημείο αφορά τη χρήση του Risk-Free Rate ως την αναμενόμενη απόδοση του περιουσιακού στοιχείου της εταιρείας. Αντί αυτού πρέπει να χρησιμοποιηθεί η πραγματική αναμενόμενη απόδοση του με ορισμένες μεθοδολογίες, όμως όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, η Moody's δεν έχει δημοσιεύσει όλες τις πληροφορίες ως τον υπολογισμό του. Έτσι προκύπτει ο παραπάνω προσεγγιστικός τρόπος.

Η διπλωματική αυτή περιγράφει τη βασική ιδέα του KMV μέσα από δύο μοντέλα και επεκτείνεται στο Merton KMV μοντέλο, το οποίο μελετά τις εταιρείες με δύο κλάσεις χρεών. Εξάλλου η εφαρμογή του πραγματοποιήθηκε σε 18 εταιρείες των Η.Π.Α., τριών διαφορετικών βιομηχανιών τη περίοδο 2017 έως 2019.

Κατά την εξέταση των πραγματικών δεδομένων, το KMV έδειξε ότι έχει τη δυνατότητα να προβλέψει την αθέτηση της εταιρείας, αποδεικνύοντας τους ισχυρισμούς ότι η πιθανότητα αθέτησης είναι αντιστρόφως ανάλογη από την DD. Το μοντέλο στάθηκε αποτελεσματικό στην εύρεση της σχέσης μεταξύ DD, μεταβλητότητας των Περιουσιακών Στοιχείων και της αξίας των Περιουσιακών Στοιχείων μιας εταιρείας.



---

Αναγνωρίζεται ότι η εφαρμογή του Merton KMV δεν είναι ίδια με αυτή της Moody's και ως εκ τούτου το VK μοντέλο θα παρήγαγε καλύτερα αποτελέσματα από αυτό που δοκιμάστηκε στη συγκεκριμένη εργασία.

## 4.5 Ανακεφαλαίωση

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός και την εκτίμηση των παραμέτρων του KMV μοντέλου, χρησιμοποιώντας τη γλώσσα προγραμματισμού R και το SPSS Modeler. Δεδομένου της υπόθεσης ότι, η αξία της εταιρείας ακολουθεί τη γεωμετρική κίνηση Brown, υπολογίστηκε η Πιθανότητα Αθέτησης, χρησιμοποιώντας τη κανονική κατανομή. Αρχικά, υπολογίστηκε η μεταβλητότητα των μετοχικών κεφαλαίων από ιστορικά δεδομένα αποδόσεων τους. Η τιμή αγοράς των μετοχικών κεφαλαίων προέκυψε από το Yahoo Finance, κατά την έναρξη κάθε έτους για το οποίο μελετήθηκε η πρόβλεψη. Χρησιμοποιήθηκαν τα ποσοστά απόδοσης ενός χρόνου του δημοσίου ως επιτόκιο χωρίς κίνδυνο, ενώ τα δεδομένα προήλθαν από το Υπουργείο Οικονομικών των Η.Π.Α.. Η επιλογή των δεδομένων αφορούσε 18 εταιρείες για την παρατήρηση των Πιθανοτήτων αθέτησης από το 2017 έως το 2019. Οι 6 από αυτές ανήκαν στο κλάδο του χονδρικού εμπορίου Wholesale, οι 6 εταιρείες από το κλάδο της ενέργειας (Energy) και οι υπόλοιπες 6 από τη κλάδο Ηλεκτρικών και Ηλεκτρονικών (Electrical & Electronical). Η ανάλυση έδειξε ότι το DD εμφανίζεται ως κανονικός αριθμός στην ένδειξη της PD και αντικατοπτρίζει τη διαφορά του στις αντίστοιχες επιδόσεις. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ του κανονικού δείγματος και του καλού οπότε ενδέχεται να μην ικανοποιεί το πραγματικό φαινόμενο. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι η αντίστροφη σχέση μεταξύ DD και PD ήταν εμφανής. Τέλος, παρατηρήθηκε ότι η βιομηχανία της ενέργειας διαφέρει των άλλων δύο, ενώ η μεταβλητότητα των μετοχικών κεφαλαίων ήταν αντιστρόφως ανάλογη του DD.

# Βιβλιογραφία

- [1] Allen, Steven. 2013. *Financial Risk Management: A Practitioner's Guide to Managing Market and Credit Risk*. 2nd Edition. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Arora, N., Bohn, J.R. and Zhu, F. 2005. *Reduced Form vs. Structural Models of Credit Risk: A Case Study of Three Models*. Research Paper, Moody's KMV.
- [3] Basel Committee on Banking Supervision. 2006. *International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards, A Revised Framework. Technical report, Bank for International Settlements, Basel*.
- [4] Bessis, Joël. 2015. *Risk Management in Banking*. 4th Edition. John Wiley & Sons, Inc.
- [5] Bharath, S.T. and Shumway, T. 2004. *Forecasting Default with KMV-Merton Model*. Working Paper, The University of Michigan.
- [6] Black, F. and Scholes, M. 1973. *The Pricing of Options and Corporate Liabilities*, *Journal of Political Economy*.
- [7] Chapelle, Ariane. 2018. *Operational Risk Management: Best Practices in the Financial Services Industry*. <https://www.wiley.com/en-us/Operational+Risk+Management%3A+Best+Practices+in+the+Financial+Services+Industry-p-9781119549079> John Wiley & Sons, Ltd.
- [8] Coleman, Thomas. 2011. *A Practical Guide to Risk Management*. <https://www.cfainstitute.org/en/research/foundation/2011/a-practical-guide-to-risk-management>. The Research Foundation of CFA Institute.

- 
- [9] Crosbie, P.J., Bohn, J.R. 2002. *Modeling Default Risk*. Research Paper, Moody's KMV.
- [10] Crouhy, Michel. Galai, Dan. Mark, Robert. 2006. *The Essentials of Risk Management*. McGraw-Hill.
- [11] Culp, L., Christopher. 2001. *The Risk Management Process: Business Strategy and Tactics*. John Wiley & Sons, Inc.
- [12] Delianedis, D., Qu, S. 2003. *Credit Risk And Neutral Default Probabilities - Information About Rating Migrations And Defaults*. EDA, Annual Conference Paper.
- [13] Doumpos, M. Lemonakis, C. Niklis, D. Zopounidis, C. 2018. *Analytical Techniques in the Assessment of Credit Risk: An Overview of Methodologies and Applications*. Springer.
- [14] Duffie, Darrell. Singleton, J. Kenneth 2003. *Credit Risk: Pricing, Measurement and Management*. Princeton University Press.
- [15] Dwyer, D. and Qu, S. 2007. *EDF 8.0 Model Enhancements*. Research Paper, Moody's KMV
- [16] EDF Case Study: Enron. *Moody's* 2002.
- [17] EDF Case Study: Worldcom. *Moody's* 2003.
- [18] García, F.J. Población. 2017. *Financial Risk Management: Identification, Measurement and Management*. Palgrave Macmillan.
- [19] Gestel, Tony V. and Baesens, Bart. 2008. *Credit Risk Management Basic Concepts: Financial Risk Components, Rating Analysis, Models, Economic and Regulatory Capital*. Oxford University Press.
- [20] Group of Thirty. 1993. "Global Derivatives Study Group: Practices and Principles."
- [21] Group of Thirty. 2009. "Financial Reform: A Framework for Financial Stability" [http://www.group30.org/images/PDF/Financial\\_Reform\\_Å\\_Å\\_Framework\\_for\\_Financial\\_Stability.pdf](http://www.group30.org/images/PDF/Financial_Reform_Å_Å_Framework_for_Financial_Stability.pdf).
- [22] Guégan, Dominique. Hassani, K., Bertrand. 2019. *Risk Measurement: From Quantitative Measures to Management Decisions*. Springer.

- 
- [23] Honey, Garry. 2009. *A Short Guide to Reputation Risk*. Gower Publishing Limited.
- [24] Hull, John. 2012. *Options, Futures and Other Derivatives*. Pearson Education.
- [25] Hull, John. 2015. *Risk Management and Financial Institutions*. Wiley.
- [26] Kemp, H.D. Malcolm. 2017. *Systemic Risk: A Practitioner's Guide to Measurement, Management and Analysis*. Palgrave Macmillan.
- [27] Lando, David. 2004 *Credit Risk Modeling: Theory and Applications*. Princeton University Press.
- [28] Larkin, Judy. 2003 *Strategic Reputation Risk Management*. Palgrave Macmillan.
- [29] Malz, M. Allan. 2011. *Financial Risk Management: Models, History, and Institutions*. John Wiley & Sons, Inc.
- [30] Matz, Leonard and Neu, Peter. 2007. *Liquidity Risk Measurement and Management: A practitioner's guide to global best practices*. John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd.
- [31] McKean, H.P., 1969. *Stochastic Integrals*. New York, Academic Press.
- [32] Merton R.C., H.P., 1969. *On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates*. The Journal of Finance, Vol 29, No. 2.
- [33] Moody's KMV Company. 2002. *LossCalc: Moody's Model for Predicting Loss Given Default (LGD)*
- [34] Saunders, Anthony. Allen, Linda. 2002. *Credit Risk Measurement: New approaches to Value at Risk and Other Paradigms*. 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc.
- [35] United States Department of the Treasury, <https://home.treasury.gov>.
- [36] Christoffersen, B. 2020. *Distance to default package*, <https://cran.r-project.org/web/packages/DtD/vignettes/Distance-to-default.pdf>.

# Παράρτημα

	Firm	Year	$\sigma_E$	V (Million)	D (Million)	DD	PD
Sample 1	WESCO International	2017	0.283	6.765	2.619	4.1679	1.54E-05
		2018	0.283	6.840	2.475	4.4100	5.17E-06
		2019	0.284	4.715	2.759	3.1808	7.34E-04
	Reliance Stl and Alm	2017	0.224	8.059	3.051	5.0337	2.41E-07
		2018	0.256	8.663	3.365	5.3592	4.18E-08
		2019	0.259	6.980	2.917	4.1242	1.86E-05
Sample 2	WW Grainger	2017	0.283	23.341	3.976	3.9743	3.53E-05
		2018	0.350	27.705	3.780	3.9375	4.12E-05
		2019	0.263	27.889	3.945	3.9323	4.21E-05
	Genuine Parts	2017	0.197	9.642	8.948	3.0443	1.17E-03
		2018	0.193	9.554	9.211	3.3096	4.67E-04
		2019	0.186	9.509	10.950	3.2148	6.53E-04
Sample 3	Sysco Corporation	2017	0.158	5.532	1.538	4.0075	3.07E-05
		2018	0.219	6.069	1.556	4.5411	2.80E-06
		2019	0.158	6.216	1.546	4.7020	1.29E-06
	World Fuel Services	2017	0.350	5.627	2.499	3.1532	8.07E-04
		2018	0.467	6.826	3.355	4.0570	2.48E-05
		2019	0.312	5.106	2.099	4.2792	9.38E-06

Παράρτημα 1. Τομέας Χονδρεμπόριου

	Firm	Year	$\sigma_E$	V (Million)	D (Million)	DD	PD
Sample 1	Sunoco	2017	0.271	2.700	6.097	2.5047	6.13E-03
		2018	0.249	2.800	4.095	2.7067	3.40E-03
		2019	0.170	2.690	4.680	1.6326	5.12E-02
	Conoco Phillips	2017	0.232	5.082	3.256	1.8624	3.13E-02
		2018	0.296	5.509	3.292	2.2951	1.09E-02
		2019	0.279	6.069	3.546	2.6075	4.56E-03
Sample 2	Marathon Petroleum	2017	0.204	5.370	4.905	3.2721	5.34E-04
		2018	0.317	6.611	9.294	2.8011	2.55E-03
		2019	0.323	5.817	8.856	1.9678	2.45E-02
	Vero Energy	2017	0.178	6.955	2.726	4.2523	1.06E-05
		2018	0.298	9.219	2.742	6.5267	3.36E-11
		2019	0.285	7.382	3.133	4.3152	7.97E-06
Sample 3	Chevron	2017	0.145	11.838	9.822	2.1536	1.56E-02
		2018	0.241	12.571	9.222	3.6188	1.48E-04
		2019	0.185	10.734	9.790	1.4578	7.24E-02
	Exxon Mobil	2017	0.114	9.094	1.542	7.5651	1.94E-14
		2018	0.219	8.382	1.477	6.9323	2.07E-12
		2019	0.185	6.735	1.637	5.1327	1.43E-07

Παράρτημα 2. Τομέας Ενέργειας

	Firm	Year	$\sigma_E$	V (Million)	D (Million)	DD	PD
Sample 1	ATI	2017	0.479	4.625	2.185	2.4941	6.31E-03
		2018	0.369	5.447	2.501	2.9983	1.36E-03
		2019	0.382	6.124	3.634	2.6274	4.30E-03
	AMD	2017	0.594	5.142	1.292	3.8677	5.49E-05
		2018	0.627	6.042	3.201	3.1027	9.59E-04
		2019	0.526	6.801	3.125	3.8072	7.03E-05
Sample 2	Emerson	2017	0.168	5.625	1.819	3.8214	6.64E-05
		2018	0.241	7.006	1.400	5.6316	8.93E-09
		2019	0.220	5.880	1.224	4.6816	1.42E-06
	Whirlpool Corp	2017	0.231	18.340	1.491	3.9196	4.44E-05
		2018	0.332	16.917	1.514	3.2762	5.26E-04
		2019	0.298	10.421	1.476	3.7295	9.59E-05
Sample 3	Intel	2017	0.169	9.661	5.230	4.4753	3.82E-06
		2018	0.338	8.638	5.400	3.4119	3.23E-04
		2019	0.271	8.596	5.020	3.6938	1.10E-04
	IBM	2017	0.156	16.700	10.631	6.1599	3.64E-10
		2018	0.250	15.450	10.452	5.2552	7.39E-08
		2019	0.206	15.201	10.201	5.2328	8.35E-08

Παράρτημα 3. Τομέας Ηλεκτρικών & Ηλεκτρονικών