

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΑΣΦΑΛΙΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΣΤΗΝ ΑΝΑΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

ΑΠΟ ΚΟΙΝΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΟΥΣΙΑΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ  
ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΩΝ ΤΡΑΠΕΖΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ  
ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

Μιχαήλ Ι. Κουμπάς

(ΜΑΕ11017)

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

Πειραιάς  
Ιούνιος 2013

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

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- ΒΡΟΝΤΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ, Λέκτορας (Επιβλέπων)
- ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής
- ΠΑΝΟΠΟΥΛΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ, Επίκουρος Καθηγήτρια

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

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό τη μελέτη των μεθόδων που έχουν προταθεί στη διεθνή βιβλιογραφία για την από κοινού διαχείριση περιουσιακών στοιχείων και υποχρεώσεων τραπεζικών ιδρυμάτων με τη χρήση μεθόδων στοχαστικού προγραμματισμού. Ο στοχαστικός γραμμικός προγραμματισμός (stochastic linear programming with simple recourse, SLPSR), είναι μια μέθοδος μοντελοποίησης προβλημάτων βελτιστοποίησης που εμπεριέχουν αβεβαιότητα. Ενώ τα ντετερμινιστικά προβλήματα διατυπώνονται με γνωστές παραμέτρους, τα προβλήματα που συναντάμε στην πραγματικότητα περιλαμβάνουν ορισμένες παραμέτρους, οι οποίες είναι άγνωστες όταν πρέπει να ληφθεί μια απόφαση. Επιπλέον, εξετάζεται η βέλτιστη στρατηγική που θα πρέπει να ακολουθήσει ένα τραπεζικό ίδρυμα σε περιβάλλον έντονης αβεβαιότητας και αναπτύσσονται τα κυριότερα υποδείγματα που έχουν προταθεί. Τέλος, γίνεται σύγκριση των υποδειγμάτων των Booth και Dash (1979) και του υποδείγματος του Booth και Koneos (1986) χρησιμοποιώντας αναλυτική αριθμητική εφαρμογή.

## Abstract

The present dissertation aims at studying the methods that have been proposed in the international references concerning the asset - liability management of the bank institutions with the use stochastic linear programming. The stochastic linear programming with simple recourse (SLPSR) is a method of modeling optimization problems that include insecurity. Whereas the deterministic problems are expressed through known parameters ,the problems that we face in reality include certain parameters which are unknown when a decision has to be taken. Moreover, the best strategy that must be followed by a bank institution under highly insecure circumstances is tested and the most basic proposed models are being developed. Finally, a comparison of the models Booth and Dash (1979) and Booth and Koveos (1986) is being made with the use of analytic mathematical application.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	9
1.1 Ο αντίκτυπος της πρόσφατης χρηματοπιστωτικής κρίσης και η κρίση του Δημοσίου Χρέους στο Ελληνικό Τραπεζικό Σύστημα.....	9
1.2 Διαχείριση Περιουσιακών Στοιχείων και Υποχρεώσεων Τραπεζών.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΝΤΕΤΕΡΜΙΝΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΤΡΑΠΕΖΩΝ .....	18
2.1. Μοντέλα Διαχείρισης Περιουσιακών Στοιχείων Τραπεζών .....	18
2.2 Ντετερμινιστικά μοντέλα .....	19
2.2.1 Πολυστοχικό γραμμικό μοντέλο προγραμματισμού.....	20
2.3 Στοχαστικά μοντέλα.....	21
2.3.1 Μοντέλα προγραμματισμού υπό περιορισμούς .....	23
2.3.2 Διαδοχική θεωρητική προσέγγιση αποφάσεων.....	25
2.3.3 Δυναμικός προγραμματισμός.....	27
2.3.4 Στοχαστικός γραμμικός προγραμματισμός.....	27
2.3.5 Μοντέλα προσομοίωσης.....	28
2.3.6 Δυναμικά γενικευμένα δίκτυα.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟ ΚΟΙΝΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΟΥΣΙΑΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΩΝ ΤΡΑΠΕΖΙΚΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	33
3.1 Στοχαστικός γραμμικός προγραμματισμός.....	33
3.1.1 Μαθηματική Διατύπωση του Στοχαστικού γραμμικού προγραμματισμού (stochastic linear programming with simple recourse, SLPSR)....	35

3.2 Μοντέλα Διαχείρισης Περιουσιακών Στοιχείων και Υποχρεώσεων Τραπεζικών Ίδρυμάτων με τη χρήση Στοχαστικού Προγραμματισμού.....	37
3.2.1 Το μοντέλο των Cohen και Thore (1970).....	37
3.2.2 Το μοντέλο του Booth (1972).....	38
3.2.3 Το μοντέλο του Crane (1971).....	39
3.2.4 Το μοντέλο των Booth και Dash (1979) .....	44
3.2.5 Το μοντέλο των Kallberg, White και Ziemba (1982).....	50
3.2.6 Το μοντέλο των Booth και Koneos (1986).....	54
3.2.7 Το μοντέλο των Kusy και Ziemba (1986).....	59
3.2.8 Το μοντέλο των Oguzsoy και Guven (1997).....	65
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ.....	80
4.1 Εισαγωγή.....	80
4.2 Περιγραφή των Δεδομένων.....	81
4.3 Εφαρμογή του μοντέλου των Booth και Dash (1979).....	86
4.4 Εφαρμογή του μοντέλου των Booth και Koneos (1986) .....	103
4.5 Σύγκριση του στοχαστικού μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων (two - stage stochastic linear program with simple recourse, TSLP) των Booth και Dash (1979) με το μοντέλο των Booth και Koneos (1986).....	112
 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Η επίλυση του στοχαστικού μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων των Booth-Dash (1979) με τη γλώσσα προγραμματισμού AMPL.....	116
 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	119

## Πρόλογος

Η αποτελεσματική διαχείριση των στοιχείων του ενεργητικού και του παθητικού αποτελεί μια από τις σημαντικότερες λήψεις αποφάσεων από πλευράς των διαχειριστών του πιστωτικού ιδρύματος, αφού επηρεάζει άμεσα τα έσοδα και κέρδη της τράπεζας. Κάθε τραπεζικό ίδρυμα θα πρέπει να εκτιμήσει το κόστος άντλησης κεφαλαίων από τις διάφορες πηγές, την ελαστικότητα της προσφοράς τους, τους παράγοντες που τα επηρεάζουν, ώστε να αποφασίσει για τη διάρθρωσή τους αλλά και για να εξασφαλίσει ικανοποιητική απόδοση από τη χρήση των κεφαλαίων αυτών. Ο εντεινόμενος ανταγωνισμός στο τραπεζικό κλάδο αναγκάζει τα ελληνικά τραπεζικά ιδρύματα να αναθεωρήσουν στρατηγικές και πολιτικές με σκοπό να αυξήσουν τα λειτουργικά τους έσοδα και την κερδοφορία τους. Καθίσταται προφανές ότι σήμερα, κάθε άλλο παρά ποτέ, παρουσιάζεται επιτακτική ανάγκη για την ανάπτυξη ολοκληρωμένων μεθοδολογικών πλαισίων και συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων τα οποία θα αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά το πρόβλημα της βέλτιστης διάρθρωσης και διαχείρισης των στοιχείων του ενεργητικού και παθητικού των τραπεζικών ιδρυμάτων έτσι ώστε να διασφαλίζεται η κερδοφορία και να ικανοποιούνται οι περιορισμοί ρευστότητας και κεφαλαιακής επάρκειας. Στα πλαίσια αυτά, η προληπτική και ενεργητική διαχείριση των κινδύνων μέσω ενός αποτελεσματικού συστήματος από κοινού διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων και υποχρεώσεων είναι μονόδρομος για τα πιστωτικά ιδρύματα ώστε να διασφαλιστεί η κερδοφορία τους και χωρίς καμία δόση υπερβολής, η βιωσιμότητά τους.

Στο κεφάλαιο 1 της παρούσας διπλωματικής εργασίας γίνεται αρχικά μια σύντομη ανάλυση στο πώς η πρόσφατη χρηματοπιστωτική κρίση και η κρίση χρέους του Ελληνικού Δημοσίου επηρέασε το Ελληνικό Τραπεζικό Σύστημα. Στη συνέχεια, αναλύεται η διαδικασία διαχείρισης των περιουσιακών στοιχείων τραπεζικών ιδρυμάτων ή Asset Liability Management (ALM) όπως ονομάζεται διεθνώς και γίνεται μια σύντομη αναφορά στον ρόλο της Επιτροπής Διαχείρισης Ενεργητικού - Παθητικού (ALCO) καθιστώντας σαφές ότι η αποτελεσματική διαχείριση των στοιχείων του ενεργητικού και του παθητικού είναι υψίστης σημασίας, αφού επηρεάζει άμεσα τα έσοδα και κέρδη του πιστωτικού ιδρύματος.

Στο κεφάλαιο 2 γίνεται ανασκόπηση των κυριότερων ντετερμινιστικών και στοχαστικών μοντέλων διαχείρισης ενεργητικού και παθητικού τραπεζικών χαρτοφυλακίων που έχουν προταθεί στη διεθνή βιβλιογραφία.

Στο κεφάλαιο 3 αναλύεται η έννοια του στοχαστικού γραμμικού προγραμματισμού (stochastic linear programming with simple recourse, SLPSR), γνωστός και ως γραμμικός προγραμματισμός υπό αβεβαιότητα (linear programming under uncertainty, LPUU). Επιπλέον, περιγράφονται και διατυπώνονται με μαθηματικό τρόπο τα πιο διαδεδομένα μοντέλα στοχαστικού προγραμματισμού δηλαδή το στοχαστικό γραμμικό μοντέλο προγραμματισμού δύο σταδίων και το στοχαστικό γραμμικό μοντέλο προγραμματισμού  $n$ -περιόδων. Τέλος, αναλύονται διεξοδικά τα κυριότερα μοντέλα που έχουν προταθεί στη διεθνή βιβλιογραφία για την από κοινού διαχείριση περιουσιακών στοιχείων και υποχρεώσεων τραπεζικών ιδρυμάτων με τη χρήση μεθόδων στοχαστικού προγραμματισμού.

Στο κεφάλαιο 4 ακολουθεί αναλυτική αριθμητική εφαρμογή με την χρήση της γλώσσας προγραμματισμού AMPL χρησιμοποιώντας τις χρηματοοικονομικές καταστάσεις μιας εμπορικής τράπεζας της Ελλάδος για τα έτη 2008, 2009 και 2010. Συγκεκριμένα, εφαρμόσαμε τα μοντέλα των Booth και Dash (1979) και το μοντέλο του Booth και Koneos (1986) με απώτερο στόχο την σύγκριση των αποτελεσμάτων των ανωτέρω μοντέλων με τα πραγματικά στοιχεία του ισολογισμού της τράπεζας και την εύρεση της βέλτιστης στρατηγικής που θα πρέπει να ακολουθήσει το εν λόγω τραπεζικό ίδρυμα. Τέλος, στο παράρτημα του κεφαλαίου ακολουθεί η επίλυση του στοχαστικού μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων των Booth και Dash (1979) με τη γλώσσα προγραμματισμού AMPL.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### **1.1 Ο αντίκτυπος της πρόσφατης χρηματοπιστωτικής κρίσης και η κρίση του Δημοσίου Χρέους στο Ελληνικό Τραπεζικό Σύστημα.**

Η κατάρρευση της Lehman Brothers τον Σεπτέμβριο του 2008, ήταν το γεγονός που τυπικά σηματοδότησε την έναρξη μιας εκ των μεγαλύτερων παγκόσμιων χρηματοπιστωτικών κρίσεων όλων των εποχών, η οποία έπληξε ταυτόχρονα τις τρεις ισχυρότερες οικονομίες, της Αμερικής, της Ευρώπης και της Ιαπωνίας.

Η χρηματοοικονομική κρίση<sup>1</sup> έκανε φανερή την ανάγκη δημιουργίας μιας νέας αρχιτεκτονικής δομής όσον αφορά τον έλεγχο και την εποπτεία του διεθνούς χρηματοπιστωτικού συστήματος, αποκαλύπτοντας συνάμα με δραματικό τρόπο τα ευάλωτα και τρωτά σημεία του ισχύοντος κανονιστικού πλαισίου. Χαρακτηριστικά μπορούμε να αναφέρουμε την αδυναμία αναγνώρισης συστημικών κινδύνων, την έλλειψη επαρκούς και αξιόπιστου πλαισίου εποπτείας και ελέγχου ιδίως μεγάλων χρηματοπιστωτικών ομίλων και την ανυπαρξία ενός αποτελεσματικού μηχανισμού επίλυσης κρίσεων. Οι συνθήκες αυτές κατέστησαν αναγκαία την ανάληψη πρωτοβουλιών για την αναπροσαρμογή του ισχύοντος κανονιστικού πλαισίου. Στα πλαίσια αυτής της μεταρρυθμιστικής προσπάθειας, η Επιτροπή της Βασιλείας διαμορφώνει βελτιωμένους ρυθμιστικούς κανόνες για την κεφαλαιακή επάρκεια των τραπεζών, το επονομαζόμενο Σύμφωνο της Βασιλείας III. Το εν λόγω σύμφωνο περιλαμβάνει μέτρα με σκοπό τη βελτίωση της ικανότητας του τραπεζικού συστήματος να απορροφά τις επιπτώσεις μακροοικονομικών και πιστωτικών κρίσεων, τη βελτίωση της διαχείρισης κινδύνου και των αρχών της εταιρικής διακυβέρνησης, την ενίσχυση της διαφάνειας και της λογοδοσίας και μεταρρυθμίσεις που στοχεύουν στην αύξηση της αντοχής σε κρίσεις τόσο στο μικροοικονομικό επίπεδο, όσο και στο μακροοικονομικό και της

---

<sup>1</sup> Χαρδούβελης, Γκ. Α. (2011α), “Το χρονικό της διεθνούς και συνακόλουθης ελληνικής και ευρωπαϊκής κρίσης: αίτια, επιπτώσεις, αντιδράσεις, προοπτική”, στον συλλογικό τόμο: Καραμούζης, Ν. Β. Και Γκ. Α. Χαρδούβελης: “Από τη διεθνή κρίση στην κρίση της Ευρωζώνης: Τι μας επιφυλάσσει το μέλλον”, Εκδοτικός Οργανισμός Λιβάνη, Αθήνα, σελ. 31 -128.

υπερκυκλικότητας<sup>2</sup> του διεθνούς τραπεζικού συστήματος, με γνώμονα την επίτευξη ισορροπίας αφενός, του επιπέδου των κεφαλαίων που προωθούν τη μακροπρόθεσμη οικονομική σταθερότητα και ανάπτυξη και αφετέρου, του κόστους και της αποτελεσματικότητας του τραπεζικού τομέα. Τα περιθώρια κερδοφορίας των τραπεζών στο νέο περιβάλλον θα περιοριστούν αισθητά, όπως και οι αποδόσεις των ιδίων κεφαλαίων τους. Αυτό είναι βέβαιο, το τίμημα της ανάγκης θωράκισης του τραπεζικού συστήματος διεθνώς απέναντι στο ενδεχόμενο εκδήλωσης μιας νέας χρηματοπιστωτικής κρίσης, ανάλογης έκτασης. Από το 2008, η κρίση στις παγκόσμιες χρηματαγορές, σε συνδυασμό με την επανεκτίμηση του πιστωτικού κινδύνου, έχουν δημιουργήσει όλο και πιο δύσκολες συνθήκες στις αγορές, οι οποίες υπόκεινται σε αυξημένη μεταβλητότητα, που επηρεάζει την ικανότητα των τραπεζών να αντλήσουν κεφάλαια, με παρόμοιο τρόπο και κόστος, όπως στο παρελθόν. Οι δύσκολες συνθήκες της αγοράς έχουν οδηγήσει σε μεγαλύτερη αστάθεια αλλά και σε μειωμένη ρευστότητα και αυξημένα κόστη. Η αβεβαιότητα σχετικά με τον πιστωτικό κίνδυνο μεταξύ των διαφόρων τραπεζικών ομίλων έχει οδηγήσει σε μείωση του διατραπεζικού δανεισμού, και ως αποτέλεσμα η πρόσβαση στις παραδοσιακές πηγές ρευστότητας έχει περιοριστεί και μπορεί να περιοριστεί περαιτέρω στο μέλλον. Επίσης, η ασταθής δημοσιονομική κατάσταση της χώρας δυσχεραίνει τη δυνατότητα αναχρηματοδότησης του Ελληνικού Δημοσίου και αποτελεί καθοριστικό παράγοντα περαιτέρω επιδείνωσης της δυνατότητας δανεισμού του ελληνικού τραπεζικού συστήματος από τις αγορές χρήματος και κεφαλαίου, λόγω και της έκθεσής του στο δημόσιο χρέος. Η αρνητική στάση των διεθνών αγορών απέναντι στην Ελληνική οικονομία καθώς και η δημοσιονομική προσαρμογή της με βάση τις πρόσφατες διεθνείς συμφωνίες με την Ευρωπαϊκή Ένωση, την Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα και το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο έχουν οδηγήσει σε μεγάλη ύφεση την ελληνική αγορά. Ο τραπεζικός κλάδος στην Ελλάδα το 2011 επηρεάστηκε αρνητικά αφενός από την εκροή καταθέσεων από το τραπεζικό σύστημα και αφετέρου από την επιδείνωση της ποιότητας του δανειακού χαρτοφυλακίου. Η εκροή των καταθέσεων οφείλεται στην προσπάθεια των καταναλωτών να αναπληρώσουν τη μείωση των εισοδημάτων τους και στο φόβο αποχώρησης της Ελλάδος από την νομισματική ένωση. Η ποιότητα του δανειακού

---

<sup>2</sup> Χαρδούβελης, Γκ. Α. (2011β), “Η υπερκυκλικότητα του διεθνούς χρηματοπιστωτικού συστήματος και προτάσεις για τη μείωση της”, στον συλλογικό τόμο: Καραμούζης, Ν. Β. Και Γκ. Α. Χαρδούβελης: “Από τη διεθνή κρίση στην κρίση της Ευρωζώνης: Τι μας επιφυλάσσει το μέλλον”, Εκδοτικός Οργανισμός Λιβάνη, Αθήνα, σελ. 325-379.

χαρτοφυλακίου επιδεινώθηκε εξαιτίας της ύφεσης που επηρέασε την κερδοφορία των επιχειρήσεων και κατ' επέκταση την ομαλή αποπληρωμή των δανειακών υποχρεώσεων τόσο ιδιωτών όσο και επιχειρήσεων. Οι δύο προαναφερόμενοι παράγοντες επηρεάζουν μεταξύ άλλων δυσμενώς τους ισολογισμούς των πιστωτικών ιδρυμάτων. Τα οικονομικά αποτελέσματα των Τραπεζών το 1ο εξάμηνο του 2011 επιβαρύνθηκαν περαιτέρω από την απομείωση της αξίας των Ομολόγων του Ελληνικού Δημοσίου λόγω του PSI (Private Sector Involvement). Η επικείμενη έκθεση με τα αποτελέσματα της εξέτασης των δανειακών χαρτοφυλακίων των τραπεζών, που διενεργείται από την Blackrock Solutions (BLS) για λογαριασμό της Τράπεζας της Ελλάδος δημιούργησε πρόσθετες κεφαλαιακές ανάγκες, γεγονός που θα οδηγήσει τις τράπεζες να προχωρήσουν σύντομα σε κεφαλαιακές ενισχύσεις. Η έλλειψη δυνατότητας προσφυγής στις διεθνείς αγορές κεφαλαίων και η μείωση της αξίας των εκχωρούμενων αξιών στην Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα (ΕΚΤ), μέσω των οποίων αντλείται ρευστότητα, έχει μειώσει σημαντικά τη ρευστότητα του τραπεζικού συστήματος και κατ' επέκταση όλης της αγοράς. Το 2012 η έλλειψη ρευστότητας επηρέασε ανοδικά τα επιτόκια καταθέσεων με αποτέλεσμα να αυξάνεται το μέσο κόστος καταθέσεων των πιστωτικών ιδρυμάτων. Αντίθετα, το μέσο επιτόκιο χορηγήσεων παρέμεινε σε σταθερά επίπεδα. Η σύνθεση των στοιχείων του ενεργητικού των τραπεζικών ιδρυμάτων, η οικονομική τους κατάσταση και τα λειτουργικά τους αποτελέσματα εξαρτώνται ιδιαίτερος από τις μακροοικονομικές και πολιτικές συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα. Η ελληνική οικονομία γνωρίζει μία σοβαρή ύφεση και το Ελληνικό Δημόσιο αντιμετωπίζει μία πρωτόγνωρη πίεση στα δημόσια οικονομικά του. Λόγω της σημαντικής αύξησης του δημοσιονομικού ελλείμματος και του χρέους, δημιουργήθηκαν φόβοι για πιθανή αδυναμία του Ελληνικού Δημοσίου να αποπληρώσει τα δάνεια του. Αυτές οι εξελίξεις, σε συνδυασμό με τις ταυτόχρονες και πολλαπλών βαθμίδων υποβαθμίσεις του ελληνικού δημοσιονομικού χρέους από τους διεθνείς οίκους πιστοληπτικής αξιολόγησης, που ξεκίνησαν το 2009 και συνεχίστηκαν το 2010 και το 2011, οδήγησαν σε ραγδαία επιδείνωση της κατάστασης στην ελληνική οικονομία και αντίστοιχη υποβάθμιση από τους διεθνείς οίκους αξιολόγησης της πιστοληπτικής ικανότητας των ελληνικών τραπεζών, κυρίως λόγω της έκθεσής τους στο χρέος του Ελληνικού Δημοσίου. Η υποβάθμιση αυτή είχε ως αποτέλεσμα τον περιορισμό της πρόσβασης των ελληνικών τραπεζών στις χρηματαγορές από τον Απρίλιο του 2010. Οι τάσεις που σχετίζονται με τα οικονομικά του Ελληνικού Δημοσίου έχουν επηρεάσει τη ρευστότητα και την κερδοφορία του ελληνικού τραπεζικού συστήματος και έχουν οδηγήσει

σε χαμηλότερες αγοραίες αξίες για τα χρεόγραφα του Ελληνικού Δημοσίου, αυξανόμενο ανταγωνισμό για άντληση καταθέσεων και ως εκ τούτου μεγαλύτερο κόστος καταθέσεων πελατών, περιορισμένη ρευστότητα στο ελληνικό τραπεζικό σύστημα και αύξηση των μη εξυπηρετούμενων δανείων. Οι πιέσεις της ύφεσης που προκαλούνται και από τα μέτρα του Μνημονίου και του Μεσοπρόθεσμου Πλαισίου Δημοσιονομικής Στρατηγικής είχαν και ενδέχεται να έχουν αρνητική επίδραση στην επιχειρηματική δραστηριότητα, στα λειτουργικά αποτελέσματα και στην οικονομική κατάσταση των τραπεζών. Η ελληνική οικονομία είναι και θα συνεχίσει να βρίσκεται σε ύφεση, η οποία πιθανώς να επιδεινωθεί, αυξάνοντας τις πιθανές αρνητικές επιπτώσεις που προκύπτουν από την απότομη πτώση της εμπιστοσύνης των καταναλωτών και των επιχειρήσεων. Τα μέτρα λιτότητας που υλοποιούνται οδηγούν στη μείωση των διαθέσιμων εισοδημάτων των νοικοκυριών και της κερδοφορίας των επιχειρήσεων και κατά συνέπεια επηρεάζουν σημαντικά την ικανότητά τους να εξυπηρετούν τα δάνεια που έχουν λάβει και να ανταποκρίνονται στις οικονομικές τους υποχρεώσεις προς την Τράπεζα και άλλους φορείς του ελληνικού τραπεζικού συστήματος. Τυχόν διατήρηση ή επιδείνωση της ανωτέρω τάσης, θα οδηγήσει σε σημαντικές απομειώσεις της αξίας των δανείων καθώς και σε σημαντική αύξηση του επιπέδου των μη εξυπηρετούμενων δανείων. Οποιαδήποτε εκ των ως άνω εξελίξεων ενδέχεται να επιφέρει ουσιώδεις αρνητικές επιπτώσεις στα λειτουργικά αποτελέσματα και την οικονομική κατάσταση των πιστωτικών ιδρυμάτων. Το κανονιστικό πλαίσιο του τραπεζικού συστήματος στην Ελλάδα έχει μεταβληθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, κυρίως λόγω της τρέχουσας οικονομικής κρίσης και εφαρμογής από την Ελλάδα των σχετικών οδηγιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Προσφάτως έχει προταθεί σειρά νομοθετικών πρωτοβουλιών, η υιοθέτηση των οποίων ενδέχεται να μεταβάλει σημαντικά τις υποχρεώσεις σχετικά με τα εποπτικά κεφάλαια. Οι Τράπεζες που λειτουργούν στην Ελλάδα, είναι υποχρεωμένες να συμμορφώνονται με τις διατάξεις περί κεφαλαιακής επάρκειας - φερεγγυότητας της Τράπεζας της Ελλάδος, οι οποίες στηρίζονται στις γενικές κατευθυντήριες γραμμές καλής πρακτικής της Επιτροπής της Βασιλείας η οποία τελεί υπό την αιγίδα της Τράπεζας Διεθνών Διακανονισμών (Bank of International Settlements - BIS). Οι εν λόγω κατευθυντήριες γραμμές έχουν ενσωματωθεί στο Ελληνικό Δίκαιο και βάσει αυτών τα Ελληνικά Πιστωτικά Ιδρύματα οφείλουν να τηρούν σε κάθε χρονική στιγμή επαρκή επίπεδα ιδίων κεφαλαίων έναντι των θέσεων τους σε στοιχεία Ενεργητικού και σε στοιχεία εκτός ισολογισμού τα οποία φέρουν κίνδυνο. Σύμφωνα με

αυτές: 1) Τα πιστωτικά ιδρύματα υποχρεούνται να διατηρούν μονίμως το δείκτη Core Tier1<sup>3</sup> άνω του 8% ενώ ο δείκτης αυτός καθορίζεται από 01/01/2012 σε 9% . 2) Το ανώτατο όριο χρηματοδότησης<sup>4</sup> σε ατομική ή σε ενοποιημένη βάση απαγορεύεται να υπερβαίνει το 25% των ιδίων κεφαλαίων του πιστωτικού ιδρύματος ή στην περίπτωση όπου ο πελάτης είναι ίδρυμα ή ομάδα συνδεδεμένων πελατών που περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα ιδρύματα, το ανώτατο όριο χρηματοδότησης δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το 25% των ιδίων κεφαλαίων του πιστωτικού ιδρύματος ή το ποσό των €150 εκατ., οποιοδήποτε είναι μεγαλύτερο, με την προϋπόθεση ότι το άθροισμα της αξίας των ανοιγμάτων προς όλους τους συνδεδεμένους πελάτες που δεν είναι ιδρύματα, δεν υπερβαίνει το 25% των ιδίων κεφαλαίων του πιστωτικού ιδρύματος. 3) Σε ό,τι αφορά τις υποχρεωτικές καταθέσεις που οφείλουν να τηρούν τα πιστωτικά ιδρύματα στην Τράπεζα της Ελλάδος αναφέρεται ότι έχει οριστεί το ελάχιστο όριο του 2% των συνολικών καταθέσεων των πελατών τους. 4) Το ελάχιστο όριο του δείκτη ρευστών διαθέσιμων έχει οριστεί σε 20% ενώ του δείκτη ασυμφωνίας ληκτότητας απαιτήσεων-υποχρεώσεων σε -20%. Εν κατακλείδι, η επίδραση της οικονομικής κρίσης, η εφαρμογή του Μνημονίου και η επίδραση του δυσμενούς μακροοικονομικού περιβάλλοντος, θα έχουν σημαντική αρνητική επίπτωση στα μελλοντικά λειτουργικά αποτελέσματα των Τραπεζών. Η κερδοφορία των Τραπεζών επηρεάστηκε στο παρελθόν και μπορεί να συνεχίσει να επηρεάζεται στο μέλλον ουσιωδώς από πολλούς παράγοντες παγκόσμιας φύσης, συμπεριλαμβανομένων των πολιτικών και των κανονιστικών κινδύνων και των συνθηκών των δημοσίων οικονομικών, της διαθεσιμότητας και του κόστους άντλησης κεφαλαίου, της ρευστότητας των παγκόσμιων αγορών, του επιπέδου και της μεταβλητότητας των τιμών των μετοχών, των τιμών των εμπορευμάτων και των επιτοκίων, των συναλλαγματικών αξιών, του πληθωρισμού, της σταθερότητας και της φερεγγυότητας των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων ή ενός συνδυασμού αυτών των παραγόντων. Στα πλαίσια αυτά, η προληπτική και ενεργητική διαχείριση των κινδύνων μέσω ενός αποτελεσματικού συστήματος από κοινού διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων και υποχρεώσεων είναι μονόδρομος για τα πιστωτικά ιδρύματα ώστε να διασφαλιστεί η κερδοφορία τους και χωρίς καμία δόση υπερβολής, η βιωσιμότητά τους.

---

<sup>3</sup> Δείκτης Κεφαλαιακής Επάρκειας =  $\frac{\text{Εποπτικά Ίδια Κεφάλαια}}{\text{Σταθμισμένο Ενεργητικό έναντι πιστωτικού, λειτουργικού και κίνδυνου αγοράς}}$

<sup>4</sup> [http://www.bankofgreece.gr/BogEkdoseis/Inter\\_NomPol2011.pdf](http://www.bankofgreece.gr/BogEkdoseis/Inter_NomPol2011.pdf).

## **1.2 Διαχείριση Περιουσιακών Στοιχείων και Υποχρεώσεων Τραπεζών**

Κάθε εύρωστη και υγιής οικονομία χρειάζεται ένα χρηματοπιστωτικό σύστημα ικανό να μεταφέρει κεφάλαια από τις πλεονασματικές στις ελλειμματικές οικονομικές μονάδες. Πυρήνας του χρηματοπιστωτικού αυτού συστήματος είναι το τραπεζικό σύστημα. Η μεγιστοποίηση της αξίας ενός τραπεζικού ιδρύματος επιτυγχάνεται με την αύξηση των κεφαλαίων του μέσω της αύξησης των καταθέσεων, τα οποία μπορούν να επενδυθούν σε κερδοφόρα στοιχεία του ενεργητικού, τα περισσότερα εκ των οποίων είναι δάνεια με διάρκεια που ποικίλλει ανά περίπτωση χωρίς ωστόσο να παραγνωρίζεται ο παράγοντας του κινδύνου. Διαχείριση κινδύνων καλείται το σύνολο των συντονισμένων ενεργειών στις οποίες προβαίνει η διοίκηση ενός πιστωτικού ιδρύματος με στόχο να προλαμβάνει και να αντιμετωπίζει τις αρνητικές επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσουν οι διάφορες μορφές κινδύνου στην καθαρή θέση, στα έσοδα και στα κέρδη του. Τα πιστωτικά ιδρύματα, λόγω της φύσης των εργασιών τους, είναι εκτεθειμένα σε μια σειρά από κινδύνους, οι σπουδαιότεροι εκ των οποίων είναι ο πιστωτικός κίνδυνος (Credit Risk), ο κίνδυνος αγοράς (Market Risk), ο κίνδυνος ρευστότητας (Liquidity Risk) και ο λειτουργικός κίνδυνος (Operational Risk). Αδυναμία ενός τραπεζικού ιδρύματος να ελέγξει κάποιον από τους παραπάνω κινδύνους, θα μπορούσε να έχει αρνητικές επιπτώσεις τόσο στα λειτουργικά του αποτελέσματα όσο και στη φήμη του. Στο πλαίσιο διαχείρισης αυτών των κινδύνων έχουν θεσπιστεί από την Επιτροπή Διαχείρισης Ενεργητικού - Παθητικού (ALCO) πολιτικές και διαδικασίες αντιμετώπισής τους. Αναλυτικότερα, η Επιτροπή Διαχείρισης Ενεργητικού - Παθητικού (ALCO) είναι υπεύθυνη για την βέλτιστη διαχείριση των στοιχείων του Ενεργητικού και Παθητικού της Τράπεζας και τον καθορισμό της επιθυμητής διάρθρωσης των στοιχείων του ισολογισμού της τόσο σε ατομική όσο και σε ενοποιημένη βάση. Επίσης, καθορίζει την στρατηγική που θα ακολουθήσει το πιστωτικό ίδρυμα σε σχέση με την εξέλιξη των αγορών, την γενικότερη οικονομική κατάσταση και την πολιτική τιμολόγησης νέων ή υφιστάμενων υπηρεσιών της. Τα τελευταία χρόνια, οι σημαντικές θεσμικές και διαρθρωτικές αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στον τραπεζικό χώρο απόρροια της πρόσφατης χρηματοπιστωτικής κρίσης, η αλματώδης πρόοδος της τεχνολογίας και η απελευθέρωση των αγορών χρήματος και κεφαλαίου, ωθούν τα τραπεζικά ιδρύματα να αποκτήσουν μεγαλύτερο βαθμό τεχνογνωσίας, να εστιάσουν την προσοχή τους σε πιο εξειδικευμένες αγορές και υπηρεσίες, να επεκτείνουν το δίκτυό τους προκειμένου να βελτιώσουν την κερδοφορία τους και γενικά να αναπτύξουν μακροπρόθεσμες στρατηγικές

έτσι ώστε να αποκτήσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Στα πλαίσια αυτών των ευκαιριών και απειλών του διεθνούς περιβάλλοντος, οι τράπεζες προκειμένου να καταστούν ανταγωνιστικές επιλέγουν στρατηγικές που εστιάζουν στην αποτελεσματικότερη διαχείριση των πάσης φύσεως κινδύνων που αντιμετωπίζουν και στη βέλτιστη διάρθρωση των στοιχείων ενεργητικού και παθητικού τους. Η αβεβαιότητα που προκύπτει από τη διαχείριση των κινδύνων επιβάλλει την ανάπτυξη και εφαρμογή ενός υψηλής ποιότητας συστήματος από κοινού διαχείρισης ενεργητικού-παθητικού, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα στο διοικητικό συμβούλιο της τράπεζας να προβαίνει σε διάφορα οικονομικά σενάρια όσον αφορά τις μελλοντικές αποσύρσεις καταθέσεων, την πρόωρη αποπληρωμή των δανείων, τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια και τις μεταβολές των επιτοκίων με απώτερο στόχο την διερεύνηση των πιθανών επιπτώσεων των διαφόρων αυτών σεναρίων στη διάρθρωση των στοιχείων του ενεργητικού και παθητικού του τραπεζικού ιδρύματος έτσι ώστε να διασφαλίζεται η απαιτούμενη ρευστότητα και κερδοφορία του. Πιο συγκεκριμένα, η διαχείριση περιουσιακών στοιχείων ενεργητικού και παθητικού ή Asset Liability Management (ALM)<sup>5</sup> όπως ονομάζεται διεθνώς, είναι μια δυναμική διαδικασία που στόχο έχει τον σχεδιασμό, την οργάνωση και τον έλεγχο των στοιχείων του ενεργητικού και του παθητικού προκειμένου να διατηρηθεί η ρευστότητα και το καθαρό περιθώριο κέρδους. Η διαδικασία διάρθρωσης του τραπεζικού χαρτοφυλακίου για να είναι αποδοτική θα πρέπει να μπορεί να διαχειρίζεται τον όγκο, τη σύνθεση, τη διάρκεια, τη λήξη, την ευαισθησία στις μεταβολές των επιτοκίων και τη ρευστότητα των στοιχείων του ενεργητικού αλλά και των υποχρεώσεων στο σύνολό τους, προκειμένου να διασφαλίζεται η άριστη σχέση κινδύνου απόδοσης σε κάθε δραστηριότητα άλλα και στο σύνολο του χαρτοφυλακίου. Συνεπώς, σκοπός ενός αποτελεσματικού συστήματος ALM είναι να παρακολουθεί σε συνάρτηση με την καταγεγραμμένη Επιχειρησιακή Στρατηγική και Πολιτική που έχει τεθεί, την εξέλιξη των χρηματοοικονομικών στόχων, το απαιτούμενο ύψος κεφαλαίων αλλά και το επιθυμητό επίπεδο κινδύνου. Ασχολείται στην ουσία με τη στρατηγική σύνθεση του ισολογισμού, τη διαχείριση του πιστωτικού, επιτοκιακού, συναλλαγματικού κινδύνου και τη θέση ρευστότητας της τράπεζας με απώτερο στόχο την κερδοφορία. Με άλλα λόγια, η αποτελεσματική διαχείριση των περιουσιακών στοιχείων ενός τραπεζικού ιδρύματος είναι μια συνολική διαχείριση με παράλληλες αποφάσεις για τον τύπο, το μέγεθος και την ποιότητα των στοιχείων του ενεργητικού και παθητικού. Πηγάζει και διευκολύνεται από την πολιτική όπως αυτή

---

<sup>5</sup> Dermine J., "ALM in banking", Handbook of Asset and Liability Management, 2008

εγκρίνεται από τη διοίκηση της τράπεζας και θέτει τα όρια για τη σύνθεση του ενεργητικού και παθητικού καθώς και το μέγεθος του κινδύνου που είναι διατεθειμένο να αναλάβει το εν λόγω πιστωτικό ίδρυμα. Συγκεκριμένα, στα πλαίσια της διαχείρισης ενεργητικού-παθητικού τίθενται τα όρια χαρτοφυλακίων για τη σύνθεση των υποχρεώσεων, όπως οι καταθέσεις κι άλλων ειδών υποχρεώσεις σαν ποσοστό του συνόλου του ενεργητικού, αναλύεται το διαφορετικό κόστος των εναλλακτικών πηγών χρηματοδότησης και καθορίζονται οι περιορισμοί ως προς το μέγεθος και τον τύπο των καταθέσεων και δανεισμού, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί το κόστος της χρηματοδότησης και να μεγιστοποιηθούν οι ευκαιρίες ανάπτυξης.<sup>6</sup> Τώρα όσον αφορά τις στρατηγικές που μπορεί να υιοθετήσει η διοίκηση ενός τραπεζικού ιδρύματος όταν οριοθετεί τις κατηγορίες και τη σύνθεση των υποχρεώσεων της είναι οι ακόλουθες:

- Προσέλκυση δανείων προκειμένου να διοχετευθεί η προσφορά από τις καταθέσεις
- Προσέλκυση καταθέσεων προκειμένου να ανταποκριθεί στη ζήτηση δανείων
- Υιοθέτηση στρατηγικής η οποία να αντιστοιχίζει τη λήξη και τη δομή των υποχρεώσεων με τη δομή των στοιχείων του ενεργητικού, στο χαμηλότερο δυνατό κόστος.

Αντίστοιχα, για τη διαχείριση των στοιχείων του ενεργητικού, τίθενται περιορισμοί στο μέγεθος και στον τύπο των δανείων καθώς και στις επενδύσεις, έτσι ώστε να γίνει η καλύτερη δυνατή χρήση των διαθέσιμων πηγών χρηματοδότησης και να μεγιστοποιηθούν τα λειτουργικά της κέρδη παράλληλα με τη διασφάλιση της απαιτούμενης ρευστότητας. Συνεπώς, από τα ανωτέρω γίνεται σαφές ότι σκοπός της αποτελεσματικής διαχείρισης του Ενεργητικού και του Παθητικού ενός πιστωτικού ιδρύματος είναι η μεγιστοποίηση των στοιχείων εκείνων του ενεργητικού που αποφέρουν κέρδη. Άρα, στα πλαίσια ενός αποτελεσματικού συστήματος διαχείρισης Ενεργητικού - Παθητικού η τιμολόγηση των δανείων και των καταθέσεων θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να προσφέρει θετικό καθαρό αποτέλεσμα στα κέρδη. Προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι τα επιτόκια των καταθέσεων και των δανείων προσφέρουν τα αναμενόμενα θετικά αποτελέσματα, υπάρχει η ευχέρεια να μπορεί η διοίκηση να θέτει τα επιτόκια χωρίς την έγκριση του διοικητικού συμβουλίου, εφόσον πληρούνται κάποια κριτήρια, όπως ενδεικτικά αναφέρονται παρακάτω:

---

<sup>6</sup> Προβόπουλος, Γ. και Καπόπουλος, Π., (2001), Η Δυναμική του Χρηματοοικονομικού Συστήματος, Εκδόσεις Κριτική, Αθήνα.



Πολιτική Τιμολόγησης Καταθέσεων: Τα επιτόκια που προσφέρονται για τις καταθέσεις θα πρέπει να έχουν κάποια αντιστοίχιση με τα επιτόκια των δεικτών αναφοράς και θα πρέπει να προσεγγίζουν το μέσο όρο αυτών των δεικτών. Θα πρέπει βέβαια να υπάρχει η ευχέρεια /ευελιξία στη διοίκηση να διαπραγματεύεται πιο ευνοϊκά επιτόκια εφόσον αυτό είναι αναγκαίο για τη διατήρηση σημαντικών λογαριασμών.

Πολιτική Τιμολόγησης Δανείων: Τα δάνεια θα πρέπει να τιμολογούνται σύμφωνα με τους δείκτες της αγοράς, ενώ ευνοϊκές παρεκκλίσεις μπορούν να υπάρχουν μόνο σε συγκεκριμένες περιπτώσεις εφόσον προκύπτει το απαραίτητο κέρδος από τη συναλλαγή και βέβαια υπάρχουν τα αντίστοιχα διαθέσιμα.

Τα επιτόκια δανείων θα πρέπει να είναι υψηλότερα από τα επιτόκια καταθέσεων, προκειμένου να καλύπτουν τα λειτουργικά έξοδα που προκύπτουν αλλά και τις κεφαλαιακές απαιτήσεις. Από την παραπάνω ανάλυση γίνεται κατανοητό ότι η αποτελεσματική διαχείριση των στοιχείων του ενεργητικού και του παθητικού είναι υψίστης σημασίας, αφού επηρεάζει άμεσα τα έσοδα και κέρδη της τράπεζας. Αποτελεί μια από τις σημαντικότερες λήψεις αποφάσεων από πλευράς των διαχειριστών του πιστωτικού ιδρύματος. Η κάθε τράπεζα θα πρέπει να εκτιμήσει το κόστος άντλησης κεφαλαίων από τις διάφορες πηγές, την ελαστικότητα της προσφοράς τους, τους παράγοντες που τα επηρεάζουν, ώστε να αποφασίσει για τη διάρθρωσή τους αλλά και για να εξασφαλίσει ικανοποιητική απόδοση από τη χρήση των κεφαλαίων αυτών. Συνοψίζοντας, ο εντεινόμενος ανταγωνισμός στο τραπεζικό κλάδο αναγκάζει τα ελληνικά τραπεζικά ιδρύματα να αναθεωρήσουν στρατηγικές και πολιτικές με σκοπό να αυξήσουν τα λειτουργικά τους έσοδα και την κερδοφορία τους. Οι μεταβολές και οι διακυμάνσεις των παραμέτρων της αγοράς καθιστούν απαραίτητη τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού συστήματος από κοινού διαχείρισης των περιουσιακών τους στοιχείων έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη διάρθρωση των στοιχείων του ενεργητικού και παθητικού τους και κατ' επέκταση να διασφαλίζεται η κερδοφορία τους με παράλληλη ικανοποίηση των περιορισμών ρευστότητας, προϋπολογισμού, καταθέσεων, τραπεζικής πολιτικής και κεφαλαιακής επάρκειας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΝΤΕΤΕΡΜΙΝΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΤΡΑΠΕΖΩΝ

#### 2.1 Μοντέλα Διαχείρισης Περιουσιακών Στοιχείων Τραπεζών

Με βάση την ανάλυση της προηγούμενης ενότητας, καθίσταται προφανές ότι σήμερα, κάθε άλλο παρά ποτέ, παρουσιάζεται έντονη η ανάγκη για την ανάπτυξη ολοκληρωμένων μεθοδολογικών πλαισίων και συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων τα οποία θα αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά το πρόβλημα της βέλτιστης διάρθρωσης και διαχείρισης των στοιχείων του ενεργητικού και παθητικού των τραπεζικών ιδρυμάτων έτσι ώστε να διασφαλίζεται η κερδοφορία και να ικανοποιούνται περιορισμοί ρευστότητας, κεφαλαιακής επάρκειας, προϋπολογισμού, καταθέσεων και πολιτικής.

Επιπλέον, η βέλτιστη στρατηγική που θα πρέπει να ακολουθήσει ένα τραπεζικό ίδρυμα συνδέεται άμεσα με τις διάφορες μορφές κινδύνων που πρέπει να αντιμετωπίσει συνεκτιμώντας την αβεβαιότητα του σύγχρονου χρηματοοικονομικού περιβάλλοντος, την ύπαρξη των πολλαπλών κριτηρίων και παραμέτρων που επηρεάζουν τις σύγχρονες επενδυτικές αποφάσεις, τις προτιμήσεις και την εμπειρία των αποφασιζόντων και την ύπαρξη πολλών εμπλεκόμενων φορέων οι οποίοι επηρεάζουν την διαδικασία λήψης απόφασης.

Στο πλαίσιο λοιπόν αυτών των αλλαγών και λαμβάνοντας υπ' όψιν όλα όσα αναφέρθηκαν στις προηγούμενες ενότητες, γίνεται φανερό ότι η συμβολή στην αναγνώριση όλων των παραμέτρων του προβλήματος, η εμπειριστατωμένη ανάλυση των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων και τελικά η διαμόρφωση ενός διαφανούς και συνεπούς πλαισίου διαχείρισης των περιουσιακών στοιχείων των τραπεζικών ιδρυμάτων αποκτά ολοένα και μεγαλύτερη σημασία ως πηγή ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος.

Οι μεθοδολογικές προσεγγίσεις που προτάθηκαν για την ανάπτυξη μοντέλων διαχείρισης ενεργητικού και παθητικού τραπεζών διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, σε στοχαστικές και ντετερμινιστικές.

Αρχικά θα κάνουμε μια σύντομη αναφορά σχετικά με τα πιο σημαντικά ντετερμινιστικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν από τις αρχές της δεκαετίας του 1960 με στόχο την

μοντελοποίηση των τραπεζικών χαρτοφυλακίων και τον καθορισμό της βέλτιστης διαχείρισης των στοιχείων του ενεργητικού και του παθητικού του τραπεζικού ισολογισμού.

## **2.2 Ντετερμινιστικά μοντέλα**

Οι Chambers και Charnes (1961) ανέπτυξαν ένα πρωτόπορο στη διαχείριση περιουσιακών στοιχείων γραμμικό μοντέλο προγραμματισμού, το οποίο εφαρμόστηκε στην Κεντρική Τράπεζα Αμερικής (Federal Reserve Bank). Στόχος των δύο συγγραφέων ήταν ο χρηματοοικονομικός σχεδιασμός ενός βέλτιστου τραπεζικού χαρτοφυλακίου σε διαφορετικές χρονικές περιόδους σύμφωνα με τις απαιτήσεις των τραπεζικών στελεχών.

Το μοντέλο των Chambers και Charnes υποθέτει ότι οι ιθύνοντες γνωρίζουν τα επίπεδα των καταθέσεων, επιτοκίων και ιδίων κεφαλαίων που επικρατούν σε διαφορετικές μελλοντικές ημερομηνίες. Στόχος του ανωτέρου μοντέλου είναι η μεγιστοποίηση του κέρδους λαμβάνοντας υπ' όψιν τον περιορισμό των αποθεμάτων που δηλώνει ότι μέρος των στοιχείων του ενεργητικού της τράπεζας πρέπει να είναι ρευστοποιήσιμα ή κατατεθειμένα στην κεντρική τράπεζα καθώς επίσης και τον περιορισμό του ισορροπημένου χαρτοφυλακίου. Με τον όρο ισορροπημένο χαρτοφυλάκιο εννοούσαν το πιο κερδοφόρο χαρτοφυλάκιο που θα μπορούσε να ακολουθήσει η τράπεζα και το οποίο ικανοποιεί τις απαιτήσεις των τραπεζικών στελεχών όλες τις χρονικές στιγμές. Οι περιορισμοί που έθεσαν οι Chambers και Charnes, αντικατοπτρίζουν την κριτική τους ως προς την επιλογή των ασφαλέστερων χαρτοφυλακίων, δεδομένων των αβεβαιοτήτων που αντιμετωπίζουν οι τράπεζες.

Επιτυχείς εφαρμογές του μοντέλου των Chambers και Charnes παρουσίασαν οι Cohen και Hammer (1967), Komar (1971), Robertson (1972), Lifson και Blackman(1973), Fielitz και Loeffler (1979).

Οι Fielitz και Loeffler, για παράδειγμα, περιγράφουν ένα μοντέλο μαθηματικού προγραμματισμού για τη διαχείριση ρευστότητας σε μια εμπορική τράπεζα. Το αποτέλεσμα που προκύπτει από το μοντέλο υποδεικνύει το ποσό που πρέπει να κρατηθεί από κάθε κατηγορία κυκλοφορούντος ενεργητικού και παθητικού. Οι μεταβλητές ρευστότητας θεωρούνται συνεχείς, ενώ οι σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών γραμμικές. Οι μεταβλητές απόφασης του μοντέλου των Fielitz και Loeffler είναι κρατικά χρεόγραφα, πιστοποιητικά καταθέσεων, ομοσπονδιακά δάνεια. Η αντικειμενική συνάρτηση του μοντέλου μεγιστοποιεί το κέρδος μετά φόρων που δημιουργείται από τη διαχείριση των μεταβλητών ρευστότητας,

ενώ οι περιορισμοί προέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον, τον εσωτερικό κίνδυνο και τις προτιμήσεις των τραπεζικών στελεχών. Επιπρόσθετα, οι περιορισμοί σύνθεσης χαρτοφυλακίου θέτουν ένα συγκεκριμένο όριο στο ποσό των ταμειακών ροών το οποίο θα μπορούσε να επηρεάσει τη διανομή των ταμειακών ροών μεταξύ των στοιχείων του κυκλοφορούντος ενεργητικού. Προκειμένου να διασφαλιστεί ότι η τράπεζα κατακρατεί στοιχεία του κυκλοφορούντος ενεργητικού για αναλήψεις μη αναμενόμενων καταθέσεων, ένας περιορισμός υποστήριξης της ρευστότητας περιλαμβάνεται στο μοντέλο.

Σε αυτή την περίπτωση ο Komar προτείνει ότι αλλαγές στο καθαρό κυκλοφορούν ενεργητικό πρέπει να συμφωνούν με αλλαγές στις καταθέσεις. Οι Fielitz και Loeffler, όμως, προτείνουν ότι βάσει αυτού του περιορισμού το καθαρό κυκλοφορούν ενεργητικό δεν θα πρέπει να είναι μικρότερο από ένα δεδομένο ποσοστό του συνόλου του ενεργητικού. Επίσης, για να απεικονίσουν την υποκειμενική εκτίμηση των μελλοντικών οικονομικών συνθηκών θεωρούν ότι ο διαχειριστής της ρευστότητας μπορεί να μεταχειριστεί τις ημερομηνίες λήξης των χρεογράφων. Τέλος, τίθεται ο περιορισμός του κέρδους ή ζημίας των χρεογράφων, ο οποίος δηλώνει τη σημασία που αποδίδουν τα τραπεζικά στελέχη στη συνεισφορά και στην επίδραση του κέρδους από τα χρεόγραφα στα κέρδη μετά φόρων. Οι Fielitz και Loeffler εφάρμοσαν το παραπάνω μοντέλο μαθηματικού προγραμματισμού στα δεδομένα μιας τράπεζας διαχείρισης επενδύσεων για τη χρονική περίοδο ενός έτους.

### **2.2.1 Πολυστοχικό γραμμικό μοντέλο προγραμματισμού**

Οι Eatman και Sealey (1979) ανέπτυξαν ένα γραμμικό μοντέλο προγραμματισμού πολλαπλών στόχων για τη διαχείριση του ισολογισμού μιας εμπορικής τράπεζας.

Οι αντικειμενικοί στόχοι που χρησιμοποιήθηκαν στο άρθρο τους βασίζονται στην κερδοφορία και την φερεγγυότητα. Εφόσον οι πρωταρχικοί στόχοι των τραπεζικών στελεχών, εκτός από την κερδοφορία, είναι η ρευστότητα και ο κίνδυνος, τότε αυτοί οι δυο τελευταίοι αντικατοπτρίζουν και τον αντικειμενικό στόχο της φερεγγυότητας της τράπεζας.

Οι Eatman και Sealey μέτρησαν τη ρευστότητα με βάση τον τύπο της κεφαλαιακής επάρκειας και τον κίνδυνο βάσει του λόγου των επικίνδυνων στοιχείων του ενεργητικού προς το κεφάλαιο.

Συγκεκριμένα, ο τύπος της κεφαλαιακής επάρκειας κατανέμει το κεφάλαιο της τράπεζας σε συγκεκριμένες κατηγορίες του ενεργητικού σε κλασματική βάση. Οι αξίες των κλασμάτων

μετρούν το ποσοστό κατά το οποίο διαφορετικές κατηγορίες ενεργητικού μπορούν να αποκλίνουν από την τιμή κοινής αποδοχής. Επιπλέον, ο τύπος υποθέτει μια συγκεκριμένη δομή προτίμησης και μια πιθανολογική ύπαρξη μελλοντικών γεγονότων. Συνεπώς, οι τράπεζες μπορούν να μεγιστοποιήσουν τη ρευστότητα και να ελαχιστοποιήσουν τον κίνδυνο μειώνοντας την αναλογία της κεφαλαιακής επάρκειας. Οι περιορισμοί που αναφέρονται στο μοντέλο των Eatman και Sealey είναι κυρίως τραπεζικής πολιτικής και διοίκησης.

Εκτός από τους Eatman και Sealey, οι Giokas και Vassiloglou (1991) ανέπτυξαν ένα πολυστοχικό μοντέλο προγραμματισμού για τη διαχείριση του ενεργητικού-παθητικού τραπεζών. Υποστήριξαν ότι εκτός από τη μεγιστοποίηση των εσόδων, η διαχείριση προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει τους κινδύνους που περιέχονται στη διανομή του κεφαλαίου της τράπεζας, όπως επίσης και να εκπληρώσει άλλους στόχους της τράπεζας, όπως παραδείγματος χάριν την εξασφάλιση του μεριδίου αγοράς, την αύξηση του μεγέθους των καταθέσεων και των δανείων. Ο προγραμματισμός στόχων είναι η πιο διαδεδομένη προσέγγιση στον τομέα της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων, που καθιστά ικανό τον αποφασίζοντα να ενσωματώσει εύκολα πολυάριθμους περιορισμούς και στόχους. Τέλος, σημαντική μνεία θα πρέπει να γίνει και στο έργο των Ζοπουνίδη και Κοσμίδου (2002) οι οποίοι χρησιμοποιώντας στοιχεία από μια μεγάλη εμπορική τράπεζα της Ελλάδας, ανέπτυξαν ένα μοντέλο προγραμματισμού στόχων για χρονικό ορίζοντα μιας περιόδου σε ένα στοχαστικό περιβάλλον επιτοκίων. Το μοντέλο χρησιμοποίησε τις χρηματοοικονομικές καταστάσεις της τράπεζας, τον ισολογισμό και την κατάσταση αποτελεσμάτων χρήσης του προηγούμενου έτους προκειμένου να δημιουργήσει μια μελλοντική κατάσταση στρατηγικής ALM για το έτος που ακολουθεί. Οι στόχοι του μοντέλου ήταν βασισμένοι στην ρευστότητα, τη φερεγγυότητα και την μέση απόδοση των στοιχείων ενεργητικού και παθητικού.

### **2.3 Στοχαστικά μοντέλα**

Πέρα από τα ντετερμινιστικά μοντέλα, διάφορα στοχαστικά μοντέλα έχουν αναπτυχθεί από τη δεκαετία του 1970. Αυτά τα μοντέλα, στην πλειοψηφία τους, προέρχονται από τη θεωρία επιλογής χαρτοφυλακίου του Markowitz (1952) και είναι γνωστά ως μοντέλα μέσου-διασποράς. Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση ο κίνδυνος μετριέται από τη διασπορά σε μια απλή περίοδο σχεδιασμού, οι αποδόσεις είναι κανονικά κατανομημένες και τα τραπεζικά στελέχη χρησιμοποιούν συναρτήσεις χρησιμότητας αποστρόφης του κινδύνου.

Σύμφωνα με τη θεωρία χαρτοφυλακίου του Markowitz (1952) μεμονωμένες μετοχές μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους προκειμένου να συνθέσουν ένα ή περισσότερα επενδυτικά χαρτοφυλάκια. Όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί μεταξύ τους, προσδίδουν ένα σύνολο επενδυτικών χαρτοφυλακίων τα οποία με τη σειρά τους αποτελούν ένα σύνολο επενδυτικών επιλογών. Μεταξύ αυτών των επιλογών υπάρχει ένα υποσύνολο χαρτοφυλακίων τα οποία προσδίδουν τη μεγαλύτερη αναμενόμενη απόδοση για το ίδιο επίπεδο κινδύνου ή το μικρότερο κίνδυνο για την ίδια αναμενόμενη απόδοση. Το σύνολο αυτών των χαρτοφυλακίων ονομάζεται αποδοτικό σύνολο. Με τον καθορισμό του αποδοτικού συνόλου ο επενδυτής λαμβάνοντας υπόψη τις προσωπικές του προτιμήσεις, επιλέγει εκείνο το χαρτοφυλάκιο για το οποίο οι συνδυασμοί απόδοσης και κινδύνου μεγιστοποιούν την αναμενόμενη χρησιμότητά του. Αναλυτικότερα, σύμφωνα με τον Markowitz ο μέσος επενδυτής έχει δύο βασικούς αντικειμενικούς στόχους, τη μεγιστοποίηση της αναμενόμενης απόδοσης και την ελαχιστοποίηση του κινδύνου, ο οποίος ορίζεται ως η διασπορά της απόδοσης. Υποστηρίζει ότι όπως δύο μετοχές μπορούν να συγκριθούν εξετάζοντας την προσδοκώμενη απόδοση και την τυπική απόκλιση καθεμιάς, το ίδιο μπορεί να γίνει και για δύο χαρτοφυλάκια. Η προσδοκώμενη απόδοση ενός χαρτοφυλακίου υπολογίζεται ως σταθμισμένος μέσος των προσδοκώμενων αποδόσεων των μετοχών που το αποτελούν. Εφόσον, η τυπική απόκλιση ή η διακύμανση ενός χαρτοφυλακίου είναι ίση με τη συνδιακύμανση των αποδόσεων των μετοχών που το αποτελούν, ο κίνδυνος μειώνεται όσο αυξάνονται οι μετοχές που μετέχουν σε ένα χαρτοφυλάκιο. Η αρνητική απόδοση της μετοχής αντισταθμίζεται από τη θετική απόδοση της άλλης και έτσι υπάρχει διαφοροποίηση του χαρτοφυλακίου. Συνεπώς τα οφέλη της διαφοροποίησης μπορούν να προκύψουν μόνο εφόσον σε ένα επενδυτικό χαρτοφυλάκιο συνδυαστούν μετοχές των οποίων οι αποδόσεις να μην έχουν τέλεια θετική συσχέτιση μεταξύ τους. Τέλος, το μοντέλο του Markowitz βασίστηκε σε ορισμένες προϋποθέσεις όπως ότι η χρηματιστηριακή αγορά είναι αποτελεσματική.

Ο Pyle (1971) εφάρμοσε τη θεωρία του Markowitz στο στατικό μοντέλο του, όπου ο χρηματοοικονομικός διαχειριστής μπορεί να διαλέξει ένα επίπεδο ενεργητικού - παθητικού, το οποίο στοχεύει να διατηρήσει καθ' όλη την περίοδο. Η προσέγγιση αυτή λαμβάνει υπ' όψιν μόνο τον κίνδυνο του χαρτοφυλακίου και όχι άλλες πιθανές αβεβαιότητες, παραβλέποντας παράλληλα τη συνύπαρξη ενεργητικού-παθητικού και τα κόστη συναλλαγών. Το μοντέλο του στερείται επίσης, της ιδέας της τραπεζικής διαχείρισης, δηλαδή της ισορροπίας ενεργητικού - παθητικού. Η βασική ερώτηση στην οποία στηρίζεται η ανάλυση

του Pyle είναι κάτω από ποιες προϋποθέσεις θα μπορούσε μια εταιρεία να πουλήσει ένα στοιχείο παθητικού και να χρησιμοποιήσει τα έσοδα για την αγορά ενός συγκεκριμένου χρηματοοικονομικού στοιχείου του ενεργητικού. Το μοντέλο που αναπτύσσεται αναφέρεται στο πρόβλημα διαχείρισης χαρτοφυλακίου σε μεσάζοντες ενώ δεν λαμβάνει υπ' όψιν το πρόβλημα της ρευστότητας και των συναλλαγών. Συμπερασματικά, η θεωρία του χρηματοοικονομικού μεσάζοντα καταλήγει ότι υπάρχει εξάρτηση μεταξύ των χρεογράφων που αγοράζονται και πωλούνται. Το μοντέλο του Pyle αποδεικνύει ότι τα χαρτοφυλάκια ενεργητικού (παθητικού), δεν μπορούν να επιλεγούν ανεξάρτητα από τις παραμέτρους αποδόσεων παθητικού (ενεργητικού). Το πιο σημαντικό αποτέλεσμα της μελέτης περιλαμβάνεται στον καθορισμό των σχέσεων απόδοσης στοιχείων ενεργητικού και παθητικού. Βέβαια, παραμένει αναπάντητο το ερώτημα σχετικά με τη θεωρία του χρηματοοικονομικού μεσάζοντα όσον αφορά τα δυναμικά μοντέλα του προβλήματος διαχείρισης.

Ο Brodt (1978) προσάρμοσε τη θεωρία του Markowitz και παρουσίασε ένα ικανοποιητικό δυναμικό σχέδιο ισοζυγίου διαχείρισης που μεγιστοποιεί τα κέρδη για ένα δεδομένο ποσό κινδύνου σε έναν ορίζοντα σχεδιασμού δύο περιόδων. Προσπάθησε να δημιουργήσει ένα αποτελεσματικό μέτωπο (efficient frontier) μεταξύ των αναμενόμενων κερδών και του κινδύνου. Αντί της διακύμανσης, χρησιμοποίησε τη μέση απόλυτη απόκλιση ή τη μερική-απόλυτη απόκλιση που προκύπτει μεταβάλλοντας την αξία του άνω και κάτω ορίου μιας ή και των δύο συναρτήσεων.

### **2.3.1 Μοντέλα προγραμματισμού υπό περιορισμούς**

Οι Charnes και Thore (1966), Charnes και Littlechild (1968) ανέπτυξαν μοντέλα προγραμματισμού υπό περιορισμούς (chance constrained programming models). Αυτά τα μοντέλα εκφράζουν τις μελλοντικές καταθέσεις και εξοφλήσεις δανείων ως κανονικά κατανομημένες τυχαίες μεταβλητές και αντικαθιστούν την επάρκεια κεφαλαίου με περιορισμούς σε αιτήσεις απόσυρσης. Η μεγαλύτερη αδυναμία του τυχαίου προγραμματισμού υπό περιορισμούς (chance constrained programming) έγκειται στο γεγονός ότι δεν επιτρέπει ενσωμάτωση διαφορετικών κυρώσεων μεταξύ ενός μικρού και ενός μεγάλου ποσού αθέτησης στον περιορισμό.

Οι Charnes και Thore (1966) παρουσιάζουν μια εφαρμογή της μεθόδου του προγραμματισμού υπό περιορισμούς στην περίπτωση του χρηματοοικονομικού σχεδιασμού. Ένα μοντέλο προγραμματισμού υπό περιορισμούς με γραμμικούς κανόνες απόφασης αναπτύσσεται και αναλύεται. Λεπτομερείς συγκρίσεις λαμβάνουν χώρα με μοντέλα βέλτιστης διαχείρισης καταθέσεων και δανείων και η επίλυση του προβλήματος καταδεικνύει τις προϋποθέσεις κάτω από τις οποίες οι περιορισμοί αθετούνται.

Οι Pogue και Bussard (1972) διαμόρφωσαν ένα τυχαίο μοντέλο υπό περιορισμούς δώδεκα περιόδων (12-period chance constrained model), στο οποίο η μόνη αβέβαιη παράμετρος είναι η μελλοντική απόκτηση μετρητών. Για πρώτη φορά διατυπώθηκε από τους δύο αυτούς συγγραφείς το πρόβλημα χρηματοοικονομικού σχεδιασμού υπό αβεβαιότητα σε μοντέλο βελτιστοποίησης. Το πρόβλημα του βραχυπρόθεσμου χρηματοοικονομικού σχεδιασμού μπορεί να δομηθεί ως ένα πρόβλημα μαθηματικού προγραμματισμού, όπου η αντικειμενική συνάρτηση ελαχιστοποιεί τα χρηματοοικονομικά κόστη τα υποκείμενα σε περιορισμούς.

Συμπερασματικά, η μελέτη των Pogue και Bussard επιτρέπει στο χρηματοοικονομικό στέλεχος να ενσωματώσει υποκειμενικές εκτιμήσεις σχετικά με την αβεβαιότητα των μελλοντικών ταμειακών απαιτήσεων στην ανάπτυξη του βέλτιστου βραχυπρόθεσμου χρηματοοικονομικού σχεδιασμού. Τα αποθέματα ρευστότητας του μοντέλου επιτρέπουν τη διατήρηση του επιθυμητού βαθμού προστασίας ενάντια στη δυνατότητα της μη εκπλήρωσης των μελλοντικών ταμειακών απαιτήσεων από τις προβλεπόμενες πηγές ταμειακών ροών. Τα αποθέματα ρευστότητας περιλαμβάνουν τα εξισορροπημένα χρεόγραφα της εταιρείας τα οποία είναι κατάλληλα για πώληση και για κάθε ενδεχόμενο δανεισμό στις αμέσως διαθέσιμες πηγές χρηματοδότησης. Το μοντέλο θα μπορούσε να λειτουργήσει στο τέλος κάθε μήνα χρησιμοποιώντας επαναλαμβανόμενες εκτιμήσεις των μελλοντικών ταμειακών απαιτήσεων και κόστη χρηματοδότησης. Είναι απαραίτητο, ωστόσο, να γίνει ο συνολικός βραχυπρόθεσμος σχεδιασμός εφόσον οι αποφάσεις της πρώτης περιόδου εξαρτώνται από τις απαιτήσεις των προϋποθέσεων και συνθηκών στις μετέπειτα περιόδους της περιόδου σχεδιασμού. Γενικά, το μοντέλο των Pogue και Bussard αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο στην ανάπτυξη των αποφάσεων της βραχυπρόθεσμης χρηματοδότησης για κάθε εταιρεία με βραχυπρόθεσμα προβλήματα σχεδιασμού συμπεριλαμβανομένων των εναλλακτικών περιόδων ταμειακών πλεονασμάτων και ελλειμμάτων, των εναλλακτικών χρηματοδότησης και των περιορισμών, καθώς και συγκεκριμένων απαιτήσεων για την προστασία έναντι της αβεβαιότητας των μελλοντικών ταμειακών απαιτήσεων.



### **2.3.2 Διαδοχική θεωρητική προσέγγιση αποφάσεων**

Ο Wolf (1969) πρότεινε τη διαδοχική θεωρητική προσέγγιση αποφάσεων (sequential decision theoretic approach), προκειμένου να βρει μια βέλτιστη λύση μέσω της δυνατής απαρίθμησης. Αυτή η τεχνική δεν καταλήγει σε σαφή βέλτιστη λύση σε προβλήματα με χρονικό ορίζοντα μεγαλύτερο της μιας περιόδου.

Προκειμένου να εξηγήσει αυτό το σημείο ο Wolf ισχυρίζεται ότι η επίλυση ενός μοντέλου μιας περιόδου είναι ισοδύναμη με τη λύση που προκύπτει από ένα μοντέλο n-περιόδων. Η προσέγγιση αυτή όμως δεν λαμβάνει υπ' όψιν της την ταυτόχρονη ημερομηνία λήξης ενεργητικού και παθητικού. Στόχος της μελέτης του Wolf είναι να διατυπώσει για πρώτη φορά ένα κανονιστικό μοντέλο για την επιλογή ενός τραπεζικού χαρτοφυλακίου κρατικών ομολόγων. Δύο κύρια προβλήματα προκύπτουν στην ανάπτυξη αυτού του μοντέλου.

Πρώτον, το μοντέλο πρέπει να χειρίζεται την αβεβαιότητα. Αυτό περιλαμβάνει όχι μόνο αβέβαια μελλοντικά γεγονότα αλλά και τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα για αποτελέσματα που σχετίζονται με αυτά τα γεγονότα.

Δεύτερον, πρέπει να αναγνωρίζει το χρονικό και πολυπεριοδικό χαρακτήρα της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Αυτό σημαίνει ότι η απόφαση που λαμβάνεται σε μια περίοδο επηρεάζει τις επακόλουθες αποφάσεις, οι οποίες προφανώς θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν. Η μελέτη του Wolf εφαρμόζει την μπεϋζιανή (Bayesian) και διαδοχική θεωρία αποφάσεων προκειμένου να ασχοληθεί με τις προβλεπόμενες στοχαστικές και δυναμικές όψεις του προβλήματος αποφάσεων. Κανένα προηγούμενο μοντέλο στο χώρο της επιλογής χαρτοφυλακίου από εμπορική τράπεζα δεν ασχολήθηκε με κάποιο από τα παραπάνω προβλήματα. Το μοντέλο του Porter (1962) για επιλογή στοιχείων ενεργητικού τραπεζών αναγνωρίζει την αβεβαιότητα μέσω των μελλοντικών ταμειακών ροών και των τιμών των χρεογράφων, αλλά μόνο σε μια περίοδο. Επιπλέον, δεν λαμβάνει υπ' όψιν τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Εφόσον η αντικειμενική συνάρτηση είναι γραμμική, το μοντέλο παράγει ένα διαφοροποιημένο χαρτοφυλάκιο μεταξύ των χρεογράφων και των δανείων μόνο μέσω της επιλογής συναρτήσεων διανομής περιγράφοντας τις τυχαίες μεταβλητές.

Το μοντέλο των Bradley - Crane (1972) βασίζεται στην ανάπτυξη οικονομικών σεναρίων, τα οποία περιλαμβάνουν το σύνολο όλων των πιθανών αποτελεσμάτων. Αυτά τα σεναρία μπορεί να είναι ορατά ως διάγραμμα δέντρου, για τα οποία κάθε στοιχείο (οικονομική προϋπόθεση) σε κάθε μονοπάτι έχει ένα σύνολο εισροών και επιτοκίων. Το πρόβλημα διαμορφώνεται ως

γραμμικό, του οποίου η αντικειμενική συνάρτηση είναι η μεγιστοποίηση της αναμενόμενης περιουσίας της επιχείρησης, και οι περιορισμοί αναφέρονται στις ταμειακές ροές, στο ισοζύγιο απογραφής, στην απώλεια κεφαλαίου και στη σύνθεση των κατηγοριών ενεργητικού-παθητικού. Η μελέτη των Bradley και Crane παρουσιάζει ένα μοντέλο χαρτοφυλακίου ομολογιών πολλαπλών περιόδων και προτείνει μια νέα προσέγγιση για την αποτελεσματική επίλυση προβλημάτων που είναι αρκετά μεγάλα για να χρησιμοποιούν τις πληροφορίες που παρέχουν οι διαχειριστές χαρτοφυλακίων. Η διαδικασία χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο αποσύνθεσης (decomposition) του μαθηματικού προγραμματισμού και μια αποτελεσματική τεχνική αναπτύσσεται για την επίλυση υποπροβλημάτων του γενικού μοντέλου χαρτοφυλακίου. Αναλυτικότερα, το μοντέλο επικεντρώνεται κυρίως στην επιλογή στρατηγικών του χαρτοφυλακίου επένδυσης μιας τράπεζας, αν και θα μπορούσε να επεκταθεί και να συμπεριλάβει και άλλα στοιχεία ενεργητικού τραπεζών. Το μέγεθος του χαρτοφυλακίου καθορίζεται εκτός του μεθοδολογικού πλαισίου του μοντέλου από τις ροές των δανείων, καταθέσεων και δανειζόμενων διαθεσίμων. Ένα αβέβαιο ποσό διαθεσίμων υπάρχει στο χαρτοφυλάκιο και η βέλτιστη στρατηγική επένδυσης οφείλει να λάβει υπ' όψιν της αυτή την ανάγκη ρευστότητας. Ένας δεύτερος εξωτερικός περιορισμός επιβάλλεται στη στρατηγική επένδυσης από το διαθέσιμο κεφάλαιο της τράπεζας. Αυτό επηρεάζει τον κίνδυνο του επενδυτικού χαρτοφυλακίου, το οποίο είναι πρόθυμη η τράπεζα να αντέξει και εκφράζεται μέσω περιορισμών ως προς τη μεγιστοποίηση των κεφαλαιακών ζημιών.

Η δομή του μοντέλου όπως παρουσιάζεται από τους Bradley και Crane υποθέτει ότι οι αποφάσεις λαμβάνονται στην αρχή της κάθε περιόδου. Στην αρχή της διαδικασίας, ο διαχειριστής ξεκινάει με ένα γνωστό χαρτοφυλάκιο και αντιμετωπίζει ένα γνωστό σύνολο επιτοκίων. Για λόγους ευκολίας γίνεται η υπόθεση ότι το αρχικό χαρτοφυλάκιο είναι σε μετρητά, χωρίς αυτό να περιορίζει κάθε άλλο ενδεχόμενο. Μπορεί να επενδύσει σε έναν ορισμένο αριθμό στοιχείων ενεργητικού, τα οποία αντιπροσωπεύουν τα διάφορα είδη ομολογιών. Τα αποτελέσματα αυτής της αρχικής επενδυτικής απόφασης είναι υποκείμενα σε αβεβαιότητα, και αντιπροσωπεύονται από ένα τυχαίο γεγονός το οποίο λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της πρώτης περιόδου. Ένα γεγονός ορίζεται από ένα σύνολο επιτοκίων και μια εξωγενή ταμειακή ροή. Υποτίθεται ότι υπάρχει ένας ορισμένος αριθμός τέτοιων γεγονότων, τα οποία έχουν μια διακριτή πιθανότητα κατανομής. Επιπλέον, ο διαχειριστής χαρτοφυλακίου γνωρίζει την πιθανότητα κάθε τέτοιου γεγονότος, ή συμπεριφέρεται ως να είχε συμβεί το γεγονός. Συμπερασματικά, το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της προσέγγισης των Bradley και

Crane είναι η ικανότητα του μοντέλου να χειρίζεται μεγάλου μεγέθους προβλήματα, τα οποία θα μπορούσαν να απαιτήσουν έναν υπέρμετρο αριθμό περιορισμών αν ήταν καθορισμένα ως μοντέλα γραμμικού προγραμματισμού υπό αβεβαιότητα.

### **2.3.3 Δυναμικός προγραμματισμός**

Οι Erpen και Fama (1971) μοντελοποίησαν προβλήματα δύο και τριών στοιχείων ενεργητικού. Η βασική ιδέα ήταν η δημιουργία ενός προβλήματος βελτιστοποίησης υπό αβεβαιότητα ως ένα μοντέλο στοχαστικού ελέγχου χρησιμοποιώντας κοινή πολιτική ελέγχου. Αυτό το μοντέλο προσδιορίζει το χαρτοφυλάκιο στο τέλος κάθε περιόδου έτσι ώστε οι αναλογίες ενεργητικού να πετυχαίνουν τους καθορισμένους στόχους. Το συνεχές δείγμα διαστήματος αναπαρίσταται μέσω μιας διακριτικής προσέγγισης. Η διακριτική προσέγγιση προσφέρει μια ευρεία ακτίνα εφαρμογής και είναι εύκολη να εφαρμοστεί. Κύριος στόχος αυτής της προσέγγισης είναι η διαμόρφωση ενός κεντρικού διαστήματος για τις πιο δραστήριες μεταβλητές σε κάθε χρονική περίοδο.

### **2.3.4 Στοχαστικός γραμμικός προγραμματισμός**

Μια άλλη μελέτη διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων αναφέρεται στο στοχαστικό γραμμικό προγραμματισμό (stochastic linear programming with simple recourse, SLPSR), γνωστός και ως γραμμικός προγραμματισμός υπό αβεβαιότητα (linear programming under uncertainty, LPUU). Η τεχνική αυτή χαρακτηρίζει κάθε πραγματοποίηση των τυχαίων μεταβλητών από έναν περιορισμένο αριθμό δυνατών αποτελεσμάτων και χρονικών περιόδων. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου προγραμματισμού υπό αβεβαιότητα είναι η υπολογιστική της δυνατότητα. Πρόκειται για μια εύκολη και ακριβής από άποψη αποτελεσμάτων μέθοδο, η οποία διευρύνει το μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού για τη διαχείριση ισολογισμού τραπεζών, ενσωματώνοντας επιλεγμένα χαρακτηριστικά αβεβαιότητας, όπως την αβεβαιότητα σε μελλοντικές κινήσεις καταθέσεων ή χορηγήσεων.

Η γενική περιγραφή του μοντέλου στοχαστικού γραμμικού προγραμματισμού και η ανάλυση των μεθόδων που έχουν προταθεί στη διεθνή βιβλιογραφία για την από κοινού διαχείριση περιουσιακών στοιχείων και υποχρεώσεων τραπεζικών ιδρυμάτων με τη χρήση μεθόδων

στοχαστικού προγραμματισμού παρουσιάζεται διεξοδικά στο επόμενο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

### **2.3.5 Μοντέλα προσομοίωσης<sup>7</sup>**

Οι Derwa (1973), Robinson (1973) και Grubmann (1987) αναφέρουν επιτυχείς υλοποιήσεις μοντέλων προσομοίωσης ανεπτυγμένα για διάφορους χρηματοοικονομικούς οργανισμούς. Ο Derwa, για παράδειγμα, χρησιμοποίησε ένα υπολογιστικό μοντέλο, το οποίο εφαρμόστηκε στην τράπεζα “Société Générale de Banque” συμβάλλοντας στη βελτίωση λήψης αποφάσεων διαχείρισης του τραπεζικού χαρτοφυλακίου της. Το μοντέλο δημιουργήθηκε ως δέντρο αποφάσεων το οποίο εξελίσσονταν σταδιακά και εξέταζε τους παράγοντες που συγκλίνουν στους κύριους αντικειμενικούς στόχους της τράπεζας. Πιο αναλυτικά, το μοντέλο προσομοίωσης του Derwa έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

α) Μοντέλο πρόβλεψης καταθέσεων και πίστωσης.

Οι καταθέσεις αποτελούν τον σπουδαιότερο λογαριασμό του παθητικού ενός τραπεζικού ιδρύματος. Είναι σημαντικό, λοιπόν, να προβλεφθεί ο τρόπος και το σημείο επέκτασης των καταθέσεων, έτσι ώστε οποιοδήποτε πρόβλημα παρουσιαστεί στην ανάπτυξή τους να μπορεί να προσδιοριστεί νωρίς. Η αρχή που ακολουθείται είναι η διάκριση μεταξύ της μόνιμης συνιστώσας (permanent component) της χρονοσειράς και των εποχιακών και τυχαίων μεταβολών. Οι αξίες των μεταβλητών εκτιμώνται στοχαστικά με μια μορφή εκθετικής συνάρτησης εξομάλυνσης, στην οποία οι συντελεστές εξομάλυνσης είναι τέτοιοι ώστε να δίνουν τη μικρότερη τιμή στο άθροισμα τετραγώνων των προβλεπόμενων λαθών. Χρησιμοποιώντας τους συντελεστές εξομάλυνσης, είναι δυνατό να εκτιμηθούν οι αξίες των χρονοσειρών για δεδομένο αριθμό περιόδων λαμβάνοντας υπ’ όψιν την τελευταία διαθέσιμη παρατήρηση. Αυτή η μέθοδος, η οποία εφαρμόστηκε σε καταθέσεις, καθιστά δυνατή την πρόβλεψη για συγκεκριμένους μήνες εκ των προτέρων, με ένα παράγοντα λάθους μικρότερο από 1%. Γνώση των εποχιακών συντελεστών καθιστά δυνατό τον υπολογισμό των πιο πιθανών στόχων των καταθέσεων. Το διάστημα εμπιστοσύνης το οποίο υπολογίζεται υποδεικνύει την πιθανότητα να φθάσουμε το στόχο αναφορικά με το μέγεθος των καταθέσεων. Η πληροφορία που παρέχεται κάθε μήνα συμπεριλαμβάνει μόνο την τελευταία

---

<sup>7</sup> Kosmidou K. and Zopounidis C. (2004), “Goal Programming Techniques for Bank Asset Liability Management”, Kluwer Academic Publishers

διαθέσιμη παρατήρηση για κάθε σειρά, περιορίζοντας έτσι τον κίνδυνο λάθους και την ανάγκη για πρόσθετο έλεγχο. Το μοντέλο πρόβλεψης πίστωσης, το οποίο λειτουργεί στην τράπεζα, βασίζεται σε τεχνικές παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιήθηκαν για το μοντέλο πρόβλεψης καταθέσεων.

#### β) Επιτόκια.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο στη διαχείριση τραπεζών χαρτοφυλακίων είναι η κατανόηση του μηχανισμού με τον οποίο καθορίζονται τα επιτόκια και αν είναι δυνατόν, η ικανότητα να προβλεφθούν αυτά τα επιτόκια με χρήση επεξηγηματικών μεταβλητών. Το επόμενο στοιχείο που υπολογίζεται είναι το χρονικό όριο μεταξύ του επιτοκίου και της επεξηγηματικής μεταβλητής που δίνει την καλύτερη συσχέτιση. Για μεταβλητές για τις οποίες δεν υπάρχει χρονικό όριο, οι μελλοντικές αξίες υπολογίζονται από το μοντέλο. Μια βηματική παλινδρόμηση (stepwise regression), λαμβάνοντας υπ' όψιν τα βέλτιστα χρονικά όρια και τις αξίες εξομάλυνσης, καθιστά δυνατή την εκτίμηση των μελλοντικών αξιών των επιτοκίων.

#### γ) Χρηματοοικονομική μηχανική (financial engineering).

Το μοντέλο Sigma είναι ένα γραμμικό μοντέλο προγραμματισμού χρηματοοικονομικής μηχανικής, το οποίο σχεδιάστηκε για να λύσει το ακόλουθο πρόβλημα: Μια εταιρεία αποφάσισε να υλοποιήσει μια επένδυση, και η ερώτηση που τίθεται είναι πώς να χρηματοδοτηθεί η επένδυση, λαμβάνοντας υπ' όψιν τους διάφορους νομοθετικούς και χρηματοοικονομικούς περιορισμούς που εμπλέκονται. Το Sigma είναι ένα μοντέλο βελτιστοποίησης που ελέγχει εκ των προτέρων τη συμβατότητα των υποθέσεων σχετικά με την ανάπτυξη της εταιρείας. Από μαθηματικής πλευράς, το Sigma βασίζεται σε γραμμικό προγραμματισμό. Από χρηματοοικονομικής απόψεως, χρησιμοποιεί τη θεωρία του κόστους ευκαιρίας (opportunity cost). Η αντικειμενική συνάρτηση προς ελαχιστοποίηση είναι το άθροισμα των χρηματοοικονομικών πηγών σταθμισμένων στα κόστη ευκαιριών. Ένα μοναδικό χαρακτηριστικό του μοντέλου είναι οι εξισώσεις του γραμμικού μοντέλου που εισάγονται ως δεδομένα. Αυτό διευκολύνει τους αναλυτές να περιγράψουν τη χρηματοοικονομική δομή και πολιτική των εταιρειών που μελετούνται. Το Sigma είναι ένα πολυπεριοδικό μοντέλο. Ξεκινώντας με τις εξισώσεις για τον πρώτο χρόνο, μέσω των σταθερών που αποφέρονται στα επόμενα χρόνια, δημιουργείται το ολικό μοντέλο εισαγωγής δεδομένων. Το μοντέλο διευκολύνει τη μελέτη του βαθμού στον οποίο η προτεινόμενη λύση μπορεί να επηρεαστεί από μεταβολές στις σταθερές του συστήματος, όπως είναι το κόστος των περιουσιακών στοιχείων, τα ποσά που επενδύονται και άλλα παρόμοια στοιχεία.

δ) Ταμειακό υπόλοιπο (Cash balances).

Το ταμειακό υπόλοιπο που διατηρείται στα υποκαταστήματα της τράπεζας αντιπροσωπεύει ένα ποσό του μη παραγωγικού κεφαλαίου. Είναι στο ενδιαφέρον της τράπεζας να μειώνει τέτοια ποσά σε όσο το δυνατόν χαμηλότερο επίπεδο. Το πρόβλημα είναι μέρος της γενικής κατηγορίας του προβλήματος αποθεμάτων. Τίθεται το ερώτημα καθορισμού των ποσών που πρέπει να αποδεσμευθούν και των ημερομηνιών που η αποδέσμευση θα λάβει χώρα. Δεν υπάρχει τρόπος, ο οποίος να εξασφαλίζει το ακριβές ποσό του ταμειακού υπολοίπου που χρειάζεται ένα υποκατάστημα τράπεζας. Παρ' όλα αυτά είναι γνωστό ότι οι ταμειακές απαιτήσεις ακολουθούν συμμετρική κατανομή και ότι οι παράμετροι αυτής της κατανομής ποικίλλουν από το ένα υποκατάστημα στο άλλο μεταξύ των ημερών της εβδομάδας. Το μοντέλο απαιτείται να υπολογίσει όχι μόνο τα ποσά προς αποδέσμευση αλλά και τη συχνότητα της προμήθειας. Έχοντας υπολογίσει όλες τις δυνατές πολιτικές για μια εβδομάδα, επιλέγεται εκείνη με το μικρότερο συνολικό κόστος. Προκειμένου να γίνει το μοντέλο πιο ρεαλιστικό, ένας αριθμός άλλων παραγόντων λαμβάνεται υπ' όψιν. Μεταξύ αυτών είναι οι σημειώσεις των παρατηρήσεων και η ανεπάρκεια των δεσμίδων, ο αριθμός των αντίθετων θέσεων ανά υποκατάστημα και παράγοντες όπως τέλος μηνός και τριμηνιαίας κατάθεσης. Η αξιοπιστία της μεθόδου ελέγχεται με προσομοίωση. Βρέθηκε ότι μέσω της χρήσης του μοντέλου είναι δυνατό να μειωθούν τα μετρητά περισσότερο από 40% δίχως να αυξηθεί ο κίνδυνος ελλείμματος.

ε) Μοντέλο διαχείρισης χαρτοφυλακίου.

Στόχος της διαχείρισης χαρτοφυλακίου είναι να αποκτήσει η τράπεζα μια ικανοποιητική απόδοση με ελάχιστο κίνδυνο. Προκειμένου να διατηρήσει την συνολική απόδοση από το χαρτοφυλάκιο, η σύνθεσή του πρέπει να περιοριστεί σε αυτά τα χρεόγραφα στα οποία η απόδοση είναι υψηλή. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ωστόσο, οι κινήσεις στις τιμές των χρεογράφων είναι συσχετισμένες, έτσι ώστε ο κίνδυνος στο χαρτοφυλάκιο να είναι υψηλός. Αυτό το μοντέλο διαχείρισης χαρτοφυλακίου είναι ένα τετραγωνικό μοντέλο προγραμματισμού του Markowitz. Από μαθηματικής άποψης, ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο και επομένως τη συνολική διακύμανση του χαρτοφυλακίου υφίσταται ένα πρόβλημα τετραγωνικού προγραμματισμού. Το πρόγραμμα καθιστά δυνατό για τα χρεόγραφα να ταξινομούνται σε ομάδες με μια υπόδειξη του μέγιστου ποσού ανά ομάδα και χρεογράφου. Επιπλέον, παρέχει μια λίστα από αποτελεσματικά χαρτοφυλάκια για κάθε απόδοση υποδεικνύοντας τον κίνδυνο και το ποσοστό σύνθεσης. Ένα ιδιαίτερο αποτέλεσμα αυτών των

δεδομένων είναι η δυνατότητα υπολογισμού του διπλού κόστους σε κάθε περιορισμό, έτσι ώστε ο διαχειριστής να μπορεί να βλέπει πόσο του κοστίζει η αναχώρηση από το βέλτιστο προσθέτοντας στο πρόβλημα την απαίτηση ικανοποίησης κάθε ιδιαίτερης συνθήκης.

στ) Μοντέλο αντισταθμιστικής αποτίμησης (Arbitrage model).

Το μοντέλο αντιστάθμισης περιλαμβάνει τις συναλλαγές των ξένων νομισμάτων. Εάν οι ξένες αγορές συναλλάγματος ήταν τέλειες, η τιμή ενός δεδομένου νομίσματος θα μπορούσε να είναι η ίδια σε όλες τις χώρες. Πρακτικά, ωστόσο, δεν υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία και υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός παραγόντων που δημιουργούν διαφορές στις τιμές. Η αιτία επιλογής της αντιστάθμισης είναι ότι πλεονεκτεί έναντι των μικρών διαφορών στην τιμή που υπάρχει, ενώ ταυτόχρονα, ότι συνεισφέρει στην εξισορρόπηση των αγορών. Ο μεγάλος αριθμός δεδομένων και των συνδυασμών του, και οι συχνές μεταβολές των τιμών, υποδεικνύουν το πλεονέκτημα της χρησιμοποίησης του μοντέλου δυναμικού προγραμματισμού καθώς λαμβάνει υπ' όψιν τα διαθέσιμα δεδομένα και υποδεικνύει σε κάθε περίπτωση τον καλύτερο τρόπο να διατηρηθεί μια λειτουργία αντιστάθμισης με αγορά ή πώληση ή με δανεισμό ξένων συναλλαγμάτων.

ζ) Προσομοίωση λογαριασμού αποτελεσμάτων χρήσης (Profit and Loss Simulation).

Το μοντέλο προσομοίωσης λογαριασμού αποτελεσμάτων χρήσης βασίζεται σε υπάρχοντα λογιστικά διαγράμματα τα οποία περιγράφει με μορφή δεικτών, συγκρίνοντας με ζευγάρια και διάφορα στοιχεία του ισολογισμού και του λογαριασμού αποτελεσμάτων χρήσης. Το σύστημα διευκολύνει ένα γρήγορο καθορισμό των αποτελεσμάτων που μπορεί να προέρχονται από την απόφαση πολιτικής της διαχείρισης ή από εξωτερικές αλλαγές, όπως οι προϋποθέσεις επιχείρησης, νομισματικής πολιτικής ή ο διακανονισμός μισθών. Παρέχει μια επέκταση του ισολογισμού, των λογαριασμών αποτελεσμάτων χρήσης και των ταμειακών ροών, όπως προκύπτουν από κάθε σύνολο υποθέσεων, ή από κάθε αλλαγή στα ήδη υπάρχοντα δεδομένα. Το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για βραχυπρόθεσμους σκοπούς στην πρόβλεψη της διαχείρισης και του προϋπολογισμού. Επίσης βοηθάει στην περιοδική αποτίμηση της επίτευξης του στόχου και στη διάγνωση των αιτιών ασυμφωνίας μεταξύ του στόχου και της επίτευξης. Μακροπρόθεσμα το μοντέλο καθιστά δυνατή τη μελέτη των επιπτώσεων των διάφορων πολιτικών και ενδιάμεσων στρατηγικών ενόψει των δυνατών αλλαγών στους εξωτερικούς παράγοντες. Από τεχνικής άποψης, το μοντέλο λαμβάνεται ως μια μορφή δέντρου αποφάσεων, που καθιστά δυνατή την προσέγγιση βήματος προς βήματος

και εξετάζει τους παράγοντες που συγκλίνουν στους θεμελιώδεις αντικειμενικούς στόχους της τράπεζας.

Είναι έτσι δυνατό να καθοριστεί η αλυσιδωτή αντίδραση στην αλλαγή ενός από τους δείκτες για κάποιο τμήμα της τράπεζας. Οι επιπτώσεις μιας τέτοιας απόφασης επηρεάζουν την επίτευξη των στόχων του προαναφερόμενου τμήματος και τελικά την κατάσταση της ίδιας της τράπεζας.

### **2.3.6 Δυναμικά γενικευμένα δίκτυα**

Μια άλλη προσέγγιση είναι τα δυναμικά γενικευμένα δίκτυα (dynamic generalized networks), η οποία χρησιμοποιήθηκε από τους Mulvey και Vladimirov (1992) στην αντιμετώπιση προβλημάτων χρηματοοικονομικού προγραμματισμού. Ανέπτυξαν ένα μοντέλο στο πλαίσιο του γενικευμένου δικτύου πολλαπλών σεναρίων, το οποίο συλλαμβάνει τα απαραίτητα χαρακτηριστικά των χρηματοοικονομικών προβλημάτων απόφασης διαφορετικών διακριτών χρόνων και αντιπροσωπεύει την αβεβαιότητα από ένα σύνολο διακριτών σεναρίων από αβέβαιες ποσότητες. Οι Mulvey και Crowder (1979) και Dantzig και Glynn (1990) χρησιμοποίησαν τις μεθόδους δειγματοληψίας και την μέθοδο ομαδοποίησης (cluster analysis) αντίστοιχα, για να περιορίσουν τον απαιτούμενο αριθμό σεναρίων προκειμένου να συλλάβουν την αβεβαιότητα και να διατηρήσουν την υπολογιστική επιτευξιμότητα των στοχαστικών προγραμμάτων που προκύπτουν.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΑΠΟ ΚΟΙΝΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΟΥΣΙΑΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΩΝ ΤΡΑΠΕΖΙΚΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

#### 3.1 Στοχαστικός γραμμικός προγραμματισμός

Ο στοχαστικός γραμμικός προγραμματισμός (stochastic linear programming with simple recourse, SLPSR), είναι μια μέθοδος μοντελοποίησης προβλημάτων βελτιστοποίησης που εμπεριέχουν αβεβαιότητα. Ενώ τα ντετερμινιστικά προβλήματα διατυπώνονται με γνωστές παραμέτρους, τα προβλήματα που συναντάμε την πραγματικότητα περιλαμβάνουν ορισμένες παραμέτρους, οι οποίες είναι άγνωστες όταν πρέπει να ληφθεί μια απόφαση. Όταν οι παράμετροι είναι άγνωστες και αβέβαιες, αλλά παίρνουν ένα συγκεκριμένο σύνολο δυνατών τιμών και οι κατανομές πιθανότητας των τυχαίων παραμέτρων θεωρούνται δεδομένες ή μπορούν να εκτιμηθούν, μπορεί να βρεθεί μια λύση εφικτή η οποία θα χαρακτηρίζει κάθε πραγματοποίηση των τυχαίων μεταβλητών από έναν περιορισμένο αριθμό δυνατών αποτελεσμάτων και χρονικών περιόδων και θα βελτιστοποιεί μια δοσμένη αντικειμενική συνάρτηση.

Τα πιο διαδεδομένα μοντέλα στοχαστικού προγραμματισμού είναι τα γραμμικά μοντέλα δύο σταδίων<sup>8</sup>. Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούν τα ακόλουθα στοιχεία με διάφορους τρόπους:

- Πολλαπλές χρονικές περιόδους.
- Διακριτά σενάρια για τις μεταβλητές απόδοσης, παρούσας κατάστασης και κόστους υποχρεώσεων.
- Περιορισμούς νομικούς και πολιτικής.
- Επιβολή κυρώσεων για αθέτηση εκπλήρωσης του στόχου στην αντικειμενική συνάρτηση.
- Μεγιστοποίηση της αναμενόμενης απόδοσης του τελικού πλούτου.

Αναλυτικότερα, σε αυτά ο αποφασίζων προχωρά σε κάποιες ενέργειες σε πρώτη φάση, μετά τις οποίες λαμβάνει χώρα ένα τυχαίο γεγονός που επηρεάζει το αποτέλεσμα της πρώτης απόφασης. Μια αναδρομική απόφαση μπορεί να ληφθεί στο δεύτερο στάδιο, που θα αντισταθμίζει οποιαδήποτε αρνητική επίδραση που μπορεί να έχει καταγραφεί ως

---

<sup>8</sup> Birge J. R., and Louveaux F., "Introduction to Stochastic Programming", Springer, 1997.

αποτέλεσμα της πρώτης απόφασης. Συνεπώς, το μοντέλο των δύο περιόδων εν αντιθέσει με το μοντέλο μιας περιόδου συμβάλλει στην προφύλαξη ενάντια στις μυωπικές αποφάσεις<sup>9</sup> καθώς μια αναδρομική απόφαση, απόρροια μιας σειράς από παρατηρήσεις των αβέβαιων παραμέτρων που κάνουν την εμφάνιση τους σταδιακά με την πάροδο του χρόνου, μπορεί να ληφθεί στο δεύτερο στάδιο που θα αντισταθμίζει οποιαδήποτε αρνητική επίδραση που μπορεί να έχει καταγραφεί ως αποτέλεσμα της πρώτης απόφασης. Η βέλτιστη πολιτική από ένα τέτοιο μοντέλο είναι μία και μόνη απόφαση κατά την πρώτη φάση και ένα σύνολο από αναδρομικές αποφάσεις με βάση κάποιον κανόνα απόφασης που θα καθορίζει ποια δράση της δεύτερης φάσης θα πρέπει να ληφθεί σε σχέση με κάθε τυχαίο αποτέλεσμα.

Μια γενίκευση του μοντέλου των δύο σταδίων είναι το μοντέλο πολλαπλών σταδίων.<sup>10</sup> Σε αυτήν την περίπτωση κάθε στάδιο αποτελείται από μία απόφαση που ακολουθείται από μια σειρά από παρατηρήσεις των αβέβαιων παραμέτρων που κάνουν την εμφάνιση τους σταδιακά με την πάροδο του χρόνου. Συνεπώς, σημαντικής σημασίας είναι η δυναμική ικανότητα του μοντέλου να βοηθήσει τον αποφασίζοντα να αποκτήσει διορατικότητα στον τρόπο με τον οποίο οι αβεβαιότητες που σχετίζονται με μελλοντικές οικονομικές εξελίξεις επηρεάζουν το βέλτιστο σύνολο αποφάσεων του πρώτου σταδίου. Αυτές είναι οι τρέχουσες αποφάσεις που οφείλουν να εφαρμοστούν πριν ληφθεί οποιαδήποτε άλλη πληροφορία σχετικά με το μέλλον, όπου το μοντέλο προγραμματισμού μπορεί να επαναδιατυπωθεί και λειτουργήσει.

Συνεπώς, ο στοχαστικός προγραμματισμός εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου οι αποφάσεις λαμβάνονται ουσιαστικά κατ' επανάληψη κάτω από τις ίδιες συνθήκες και ο στόχος είναι η λήψη μιας απόφασης που θα έχει καλή απόδοση κατά μέσο όρο ή σε περιπτώσεις που πρέπει να ληφθεί μία ακαριαία απόφαση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η βελτιστοποίηση ενός χαρτοφυλακίου επενδύσεων όπου η προσέγγιση του στοχαστικού προγραμματισμού καθορίζει μια βέλτιστη επένδυση σε κάθε χρονική περίοδο ως συνάρτηση του αναμενόμενου ενεργητικού της εταιρείας συγκρινόμενο με τις δυνατότητες του επενδυτή μέσω ενός πολυεπίπεδου στοχαστικού προγράμματος.

---

<sup>9</sup> Sodhi S. ManMohan, (2005), “ LP Modeling for Asset-Liability Management: A Survey of Choices and Simplifications”, Operations Research, Vol. 53, March-April 2005, 181-196.

<sup>10</sup> Μαγουλά Ν., (2010), “Στοχαστικός (Γραμμικός) Προγραμματισμός”, ΜΠΣ Μαθηματικά των υπολογιστών και των αποφάσεων, Πάτρα, σελ. 23-24.

### 3.1.1 Μαθηματική Διατύπωση του Στοχαστικού Γραμμικού Προγραμματισμού (stochastic linear programming with simple recourse, SLPSR)

Η γενική διατύπωση ενός μοντέλου στοχαστικού γραμμικού προγραμματισμού (stochastic linear programming with simple recourse, SLPSR) είναι η ακόλουθη:

---


$$\text{maximize } z = cx - E_{\xi} \{ \min(q^+ y^+ + q^- y^-) \} \quad (3.1)$$


---

υποκείμενη σε:

$$Gx = b,$$

$$Ax + Iy^+ - Iy^- = \xi$$

$$x \geq 0, y^+ \geq 0, y^- \geq 0$$

$$\text{όπου } c, x \in R^n, y^+, y^-, q^+, q^- \in R^m, G = m_1 \times n, A = m_2 \times n,$$


---

Αναλυτικότερα,  $x$  είναι η μεταβλητή απόφασης για το στοιχείο του ενεργητικού,  $y^+$  και  $y^-$  είναι το πλεόνασμα ή το έλλειμμα των περιουσιακών στοιχείων αντίστοιχα,  $q^-$  και  $q^+$  είναι οι κυρώσεις που έχουν υποβληθεί σχετικά με το έλλειμμα και το πλεόνασμα και  $\xi$  είναι μια τυχαία μεταβλητή ανεξάρτητα κατανομημένη από το  $x$  στο διάστημα πιθανοτήτων  $(\Omega, F, \mu)$  (Wets, 1983, 1966). Αυτό το μοντέλο μπορεί να ερμηνευθεί ως ένα μοντέλο δύο περιόδων, το οποίο επιλέγει το διάνυσμα  $x$  δίχως να γνωρίζει το επίπεδο του τυχαίου διανύσματος  $\xi$ , παρατηρώντας το  $\xi$  και κάνοντας τις απαραίτητες προσαρμογές  $(y^+, y^-)$ .

Το γενικό στοχαστικό γραμμικό μοντέλο προγραμματισμού  $n$ -περιόδων περιγράφεται παρακάτω, όπου  $\xi$  είναι η διακριτή τυχαία μεταβλητή με άπειρο αριθμό δυνατών λύσεων (Kusy και Ziemba, 1986, Kira και Kusy, 1990 και Oguzsoy και Güven, 1997).

---

$$\text{maximize } z = \sum_k c_k x_k - \sum_i \sum_j p_{ij} (q_{ij}^+ y_{ij}^+ + q_{ij}^- y_{ij}^-) \text{ υποκείμενη σε:}$$


---

$$\sum_k g_{hk} x_k = b_h, \forall h$$

$$\sum_k a_{ik} x_k + y_{ij}^+ - y_{ij}^- = \xi_{ij}, \forall i, j = 1, \dots, J$$

$$x_k \geq 0, \forall k, \quad y_{ij}^+ \geq 0, \quad y_{ij}^- \geq 0, \forall i, j=1, \dots, J$$

όπου  $y_{ij}^+, y_{ij}^-$  δηλώνουν το έλλειμμα και το πλεόνασμα των περιουσιακών στοιχείων ενεργητικού και παθητικού,  $q_{ij}^+, q_{ij}^-$  τις κυρώσεις που έχουν υποβληθεί σχετικά με το έλλειμμα και το πλεόνασμα,  $p_{ij}$  την πιθανότητα πραγματοποίησης του στοιχείου του παθητικού  $j$  από το στοιχείο ενεργητικού  $i$  και  $\xi_{ij}$  μια διακριτή τυχαία μεταβλητή. Ομοίως,  $g_{hk}, a_{hk}$  και  $c_k$  είναι οι συντελεστές της  $k$  μεταβλητής  $x_k$  στον  $h$  ντετερμινιστικό,  $i$  στοχαστικό περιορισμό και την αντικειμενική συνάρτηση (Ziemba, 1974).

Η εξίσωση (3.1) επιλύεται χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση που αγγίζει τις δυναμικές όψεις ενός προβλήματος  $n$ -περιόδων. Σε αυτή τη προσέγγιση, στο πρώτο στάδιο επιλέγονται από τα στελέχη διαχείρισης τα διανύσματα των μεταβλητών  $x_1, \dots, x_n$  για την περίοδο  $1, \dots, n$  καθώς και τα διακριτά τυχαία διανύσματα  $\xi_1, \dots, \xi_n$  για την ίδια περίοδο. Στο δεύτερο στάδιο οι μεταβλητές  $\{(y_1^+, y_1^-), (y_2^+, y_2^-), \dots, (y_n^+, y_n^-)\}$  για την περίοδο  $1, \dots, n$  καθορίζονται σύμφωνα με τις αξίες των διανυσμάτων  $x = \{x_1, \dots, x_n\}$  και  $\xi = \{\xi_1, \dots, \xi_n\}$ . Η προσέγγιση αυτή ενσωματώνει μερικά δυναμικά χαρακτηριστικά εφόσον τα κόστη κυρώσεων των περιόδων 2 έως  $n$  λαμβάνονται υπ' όψιν στον καθορισμό των μεταβλητών  $x_1, \dots, x_n$ . Η επιτυχία της προσέγγισης στηρίζεται στα στοιχεία και στις επαναλήψεις, καθώς η ποιότητα ενός μοντέλου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα των στοιχείων που χρησιμοποιούνται.

Εν κατακλείδι, ένα μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου προγραμματισμού υπό αβεβαιότητα είναι η υπολογιστική της δυνατότητα συνδυάζοντας την δύναμη του μαθηματικού προγραμματισμού με προηγμένες τεχνικές πιθανοτήτων. Πρόκειται για μια εύκολη και ακριβής από άποψη αποτελεσμάτων μέθοδο, η οποία διευρύνει το μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού ενσωματώνοντας επιλεγμένα χαρακτηριστικά αβεβαιότητας.

Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση προγραμματισμού υπό αβεβαιότητα χρησιμοποιώντας διακριτές συναρτήσεις κατανομής θα μπορούσε να είναι πρακτική μόνο εφόσον ο αριθμός των στοχαστικών αποτελεσμάτων είναι μικρός. Η προσθήκη περιορισμών αυξάνει την διάσταση του χώρου δυνατών καταστάσεων γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε ένα δυσεπίλυτο πρόβλημα εξαιτίας του μεγάλου αριθμού μεταβλητών αποφάσεων αλλά και του υψηλού υπολογιστικού κόστους.

## **3.2 Μοντέλα Διαχείρισης Περιουσιακών Στοιχείων και Υποχρεώσεων Τραπεζικών Ιδρυμάτων με τη χρήση Στοχαστικού Προγραμματισμού**

### **3.2.1 Το μοντέλο των Cohen και Thore (1970)**

Οι Cohen και Thore ανέπτυξαν ένα μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού μιας περιόδου για τη διαχείριση ισολογισμού τραπεζών σε μια μεγάλη αμερικάνικη εμπορική τράπεζα. Μια από τις υποθέσεις αυτού του μοντέλου ήταν ότι ακριβείς προβλέψεις μπορούν να γίνουν από μελλοντική ζήτηση δανείων, επιπέδου καταθέσεων και επιτοκίων και αποδόσεις σε συγκεκριμένους χρονικούς ορίζοντες. Το μοντέλο αποδείχθηκε χρήσιμο στο να βοηθήσει τα στελέχη των τραπεζών να σχεδιάσουν μια ακολουθία περιοδικών ισολογισμών, οι οποίοι μεγιστοποιούν την καθαρή απόδοση της τράπεζας υποκείμενοι σε περιορισμούς σχετικούς με τον κίνδυνο, την ρευστότητα και άλλες παρόμοιες θεωρήσεις. Το ανωτέρω μοντέλο λειτουργεί περισσότερο ως ένα εργαλείο για ανάλυση ευαισθησίας παρά ως ένα κανονιστικό εργαλείο αποφάσεων. Η χρήση της ανάλυσης ευαισθησίας συμβάλλει στη προσαρμοστικότητα του μοντέλου όσον αφορά τις μελλοντικές οικονομικές εξελίξεις. Ωστόσο θα ήταν επιθυμητό να ενσωματωθούν στο μοντέλο προγραμματισμού ορισμένα στοιχεία αβεβαιότητας όσον αφορά τις μελλοντικές προβλέψεις. Το μοντέλο των Cohen και Thore υποθέτει ότι μόνο οι καταθέσεις ταμειευτηρίου και τρεχούμενου λογαριασμού είναι στοχαστικές.

Αναλυτικότερα, το μοντέλο των Cohen και Thore διαχωρίζεται σε δύο βαθμίδες. Η πρώτη βαθμίδα απομονώνει τις ελεγχόμενες αποφάσεις της τράπεζας και η δεύτερη τα τυχαία γεγονότα που επηρεάζουν την τράπεζα σε αυτές τις αποφάσεις. Η μεγιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης του μοντέλου σχετίζεται με τα λειτουργικά κέρδη. Είναι υποκείμενη σε επιλεγμένους περιορισμούς, οι οποίοι αντικατοπτρίζουν το οικονομικό περιβάλλον της τράπεζας. Επιπλέον, το μοντέλο καθορίζεται από τις διάφορες κατηγορίες λογαριασμών του ισολογισμού και τις μεταβλητές απόφασης, καθώς και από τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών και των λογαριασμών. Διαπιστώνοντας ότι οι τράπεζες χρησιμοποιούν ένα μοντέλο διαχείρισης χαρτοφυλακίου, οι Cohen και Thore προτείνουν κάποιες γενικές προεκτάσεις στο μοντέλο.

Αυτές οι προεκτάσεις παίρνουν τη μορφή των επιπρόσθετων στοχαστικών παραμέτρων, περιόδων απόφασης, λογαριασμών και ταξινομήσεις απόφασης, καθώς και οικονομικών σχέσεων με την αντικειμενική συνάρτηση.

### **3.2.2 Το μοντέλο του Booth (1972)**

Το μοντέλο του Booth αποτελεί μια προέκταση του μοντέλου διαχείρισης χαρτοφυλακίου τραπεζών των Cohen και Thore. Συγκεκριμένα, το μοντέλο των Cohen και Thore γενικεύεται σε ένα πολλαπλών περιόδων στοχαστικό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού στόχος του οποίου είναι η μεγιστοποίηση των συνολικών κερδών του τραπεζικού ιδρύματος υπό περιορισμούς. Το γραμμικό αυτό μοντέλο περιλαμβάνει δύο περιόδους απόφασης που και οι δύο μαζί αποτελούν ένα χρόνο. Επιπλέον, η στοχαστικότητα του μοντέλου έγκειται στο ότι τα επιτόκια, η ζήτηση χορηγήσεων και ο πλεονασμός των καταθέσεων θεωρούνται ως τυχαία. Αναλυτικότερα, η μελέτη του Booth ως προέκταση του μοντέλου των Cohen και Thore πρότεινε κάποιες τροποποιήσεις στη χρήση του. Συγκεκριμένα, περιόρισε τον αριθμό των δυνατών πραγματοποιήσεων και του αριθμού των μεταβλητών, προκειμένου να ενσωματώσει δύο χρονικές περιόδους. Έτσι, το μοντέλο των δύο περιόδων του Booth εν αντιθέσει με το μοντέλο μιας περιόδου που αναπτύσσεται από τους Cohen και Thore συμβάλλει στην προφύλαξη ενάντια στις μυωπικές αποφάσεις διαχείρισης του τραπεζικού χαρτοφυλακίου καθώς μια αναδρομική απόφαση, απόρροια μιας σειράς από παρατηρήσεις των αβέβαιων παραμέτρων που κάνουν την εμφάνιση τους σταδιακά με την πάροδο του χρόνου, μπορεί να ληφθεί στο δεύτερο στάδιο που θα αντισταθμίσει οποιαδήποτε αρνητική επίδραση που μπορεί να έχει καταγραφεί ως αποτέλεσμα της πρώτης απόφασης.

Επιπροσθέτως, το μοντέλο του Booth σε σύγκριση με το μοντέλο των Cohen και Thore είναι κατασκευασμένο έτσι ώστε να θεωρεί εκτός από τις μεταβλητές των καταθέσεων και αυτές των επιτοκίων και των χορηγήσεων ως στοχαστικές προσεγγίζοντας περισσότερο την πραγματικότητα.

Το μοντέλο του Booth όπως ήδη έχουμε αναφέρει ανωτέρω είναι μια προέκταση του μοντέλου των Cohen και Thore. Ωστόσο μπορεί να αναπτυχθεί ακόμη παραπέρα. Μια λύση είναι η τροποποίηση της στοχαστικής δομής του μοντέλου. Η τροποποίηση αυτή μπορεί να

περιλαμβάνει τη θεώρηση περισσότερων χρονικών περιόδων από δύο καθώς και την ενοποίηση των πιθανοτήτων κατανομής των στοχαστικών παραμέτρων του μοντέλου.

Ωστόσο, είναι χρήσιμο να επισημανθεί ότι κάθε κατηγορία τροποποίησης αυξάνει τον αριθμό των περιορισμών και μεταβλητών στο μοντέλο του Booth με πολλαπλασιαστικό τρόπο έτσι ώστε ο αριθμός περιορισμών και μεταβλητών θα μπορούσαν να επεκταθούν τόσο πολύ και το αποτέλεσμα του μοντέλου θα ήταν δύσκολο να ερμηνευθεί από τους ιθύνοντες του τραπεζικού ιδρύματος.

Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν δύο προεκτάσεις του μοντέλου που είναι εφικτές. Πρώτον, οι λογαριασμοί ισολογισμού του πιστωτικού ιδρύματος μπορούν να διαχωριστούν σε επιμέρους λογαριασμούς. Αυτή η προέκταση προσθέτει μόνο ένα σχετικά μικρό αριθμό μεταβλητών. Για παράδειγμα, τα χορηγηθέντα δάνεια θα μπορούσαν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες χαμηλού, μεσαίου και υψηλού κινδύνου. Αυτές οι διαφορετικές κατηγορίες δανείων συσχετίζονται με διαφορετικά επιτόκια και χαρακτηριστικά αθέτησης. Το εκτεταμένο μοντέλο του Booth είναι ικανό να σταθμίζει αυτούς τους παράγοντες και να υποδεικνύει στην τράπεζα την κατηγορία του δανείου που πρέπει να προχωρήσει.

Δεύτερον, επιπρόσθετα στην παράμετρο του κόστους και στις τροποποιήσεις μερισματικής πολιτικής, θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν στο μοντέλο του Booth περιορισμοί που αντικατοπτρίζουν συγκεκριμένες επιθυμίες, πολιτικές και επιχειρησιακές στρατηγικές των διαχειριστών του τραπεζικού χαρτοφυλακίου.

Εν κατακλείδι, το μοντέλο του Booth θα ήταν χρήσιμο στις τράπεζες ως προς την ανάπτυξη στρατηγικών διαχείρισης του ενεργητικού και παθητικού τους καθώς παρέχει ένα μέσο για το τραπεζικό ίδρυμα να ερευνήσει την επίπτωση των εναλλακτικών οικονομικών σεναρίων στις αποφάσεις διαχείρισης χαρτοφυλακίου. Βασική προϋπόθεση για την αποτελεσματικότητα του μοντέλου είναι το κατά πόσο τα απαιτούμενα δεδομένα εισαγωγής είναι σχετικά εφικτά να συγκεντρωθούν. Επιπλέον, το μοντέλο δίνει στην τράπεζα μια ένδειξη ως προς το ποιες οικονομικές υποθέσεις χρειάζεται να καθοριστούν και προτείνει μεθόδους με τις οποίες η τράπεζα μπορεί να πετύχει τους χρηματοοικονομικούς της στόχους.

### **3.2.3 Το μοντέλο του Crane (1971)**

Ο Crane ανέπτυξε ένα διακριτό μοντέλο στοχαστικού προγραμματισμού για τη διαχείριση χαρτοφυλακίου ομολογιών μιας εμπορικής τράπεζας. Η διαφορά του από προηγούμενα μοντέλα βρίσκεται στο ότι παρέχει μια τεχνική βελτιστοποίησης, η οποία λαμβάνει υπ' όψιν

τη δυναμική φύση του προβλήματος και ενσωματώνει τον κίνδυνο θεωρώντας τις μελλοντικές ταμειακές ροές και τα επιτόκια ως διακριτές τυχαίες μεταβλητές. Τα δεδομένα του μοντέλου και οι υπολογιστικές του απαιτήσεις είναι αρκετά περιορισμένες έτσι ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί ως ένα κανονιστικό μοντέλο διαχείρισης χαρτοφυλακίου ομολογιών. Επιπλέον, μπορεί να επεκταθεί με την προσθήκη και άλλων κατηγοριών στοιχείων ενεργητικού και παθητικού, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως ένα γενικό μοντέλο για τη διαχείριση στοιχείων ενεργητικού και παθητικού τραπεζών. Το κανονιστικό αυτό μοντέλο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί, εκτός από το περιβάλλον της συγκεκριμένης τράπεζας, ως ένα πειραματικό εργαλείο για τη μελέτη της δομής και συμπεριφοράς βέλτιστων χαρτοφυλακίων. Συνεπώς, ο πρωταρχικός στόχος της μελέτης του Crane αφορά σε μια κύρια κατηγορία της διαχείρισης ενεργητικού-παθητικού τραπεζών, αυτήν της επιλογής διαχείρισης χαρτοφυλακίου ομολογιών. Το συγκεκριμένο μοντέλο διαχωρίζει τις κατηγορίες των στοιχείων ενεργητικού και επιλέγει τα ομόλογα. Αυτός ο διαχωρισμός από το πρόβλημα επένδυσης περιλαμβάνει δύο κύριες υποθέσεις. Πρώτον, το μέγιστο μέγεθος του χαρτοφυλακίου καθορίζεται εκτός μεθοδολογικού πλαισίου του μοντέλου. Δεύτερον, όσο οι αποφάσεις χαρτοφυλακίου ικανοποιούν τους περιορισμούς ταμειακών ροών, μπορούν να επιλεγούν αδιάφορα από την απόδοση ή τον κίνδυνο που συσχετίζεται με άλλα στοιχεία ενεργητικού των τραπεζών. Ορισμένες μελέτες όσον αφορά την διαχείριση περιουσιακών στοιχείων τραπεζών, παρατηρούν ότι το μέγεθος του τραπεζικού χαρτοφυλακίου είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με κάποιες από τις υποχρεώσεις της τράπεζας. Λόγου χάρη, ο διαχειριστής του τραπεζικού χαρτοφυλακίου πρέπει να λάβει υπ' όψιν του τις μεγάλες εκροές και εισροές του χαρτοφυλακίου που πηγάζουν από αλλαγές του αριθμού δανείων που χορηγούνται στους κύριους πελάτες της τράπεζας. Αυτές οι αποφάσεις για δάνεια, γίνονται ανεξάρτητα από την επίδρασή τους στα έσοδα του χαρτοφυλακίου. Στο σημείο που άλλες αποφάσεις διαχείρισης λαμβάνονται με παρόμοιο τρόπο, είναι κατάλληλο και λογικό να διατυπωθεί ένα ξεχωριστό μοντέλο χαρτοφυλακίου, όπως προτείνει ο Crane. Το μοντέλο του Crane, όπως ήδη έχουμε αναφέρει, ασχολείται με το πρόβλημα διαχείρισης χαρτοφυλακίου ως ένα πολυπεριοδικό πρόβλημα αποφάσεων λαμβάνοντας υπ' όψιν τον κίνδυνο. Αναλυτικότερα, σε κάθε περίοδο αποφάσεων, ο διαχειριστής χαρτοφυλακίου έχει ένα απόθεμα ομολογιών. Βασισμένος σε παρούσες συνθήκες της αγοράς και στην εκτίμηση των μελλοντικών επιτοκίων και ταμειακών ροών, ο διαχειριστής πρέπει να αποφασίσει ποιες ομολογίες θα διατηρήσει στο χαρτοφυλάκιο του την επόμενη χρονική περίοδο, ποιες



ομολογίες θα πουλήσει και ποιες θα αγοράσει. Αυτές οι αποφάσεις λαμβάνονται βάσει του περιορισμού που αναφέρεται στο μέγεθος του χαρτοφυλακίου, ο οποίος μπορεί να είναι μεγαλύτερος ή μικρότερος από αυτόν της προηγούμενης περιόδου εξαρτώμενος από το αν μπορεί μια εισροή ή εκροή να συμβεί. Την επόμενη περίοδο αποφάσεων, ο διαχειριστής χαρτοφυλακίου αντιμετωπίζει ένα νέο σύνολο επιτοκίων και ένα περιορισμό ως προς το νέο μέγεθος χαρτοφυλακίου. Θα πρέπει να πάρει κάποιες άλλες αποφάσεις για το χαρτοφυλάκιο βάσει αυτής της νέας πληροφορίας. Αυτή η διαδικασία της λήψης αποφάσεων επαναλαμβάνεται σε πολλές χρονικές περιόδους. Επιλέγοντας, λοιπόν, το βέλτιστο χαρτοφυλάκιο της πρώτης περιόδου, το μοντέλο λαμβάνει υπ' όψιν τη φύση και την πιθανότητα των μελλοντικών αποτελεσμάτων, καθώς και τις βέλτιστες ενέργειες που πρέπει να ληφθούν για κάθε ένα από αυτά τα γεγονότα. Πριν προχωρήσουμε στην μαθηματική διατύπωση του μοντέλου του Crane κρίνεται απαραίτητη η επεξήγηση και η ανάλυση των μεταβλητών, των παραμέτρων και των περιορισμών του.

### Παράμετροι

$m = 1, \dots, 7$  δηλώνει την κατηγορία του ομολόγου.

$i = 1, 2$  δηλώνει την χρονική περίοδο αγοράς του ομολόγου.

$j = 2$  δηλώνει την πώληση των ομολόγων στην αρχή της δεύτερης περιόδου.

$j = 3$  δηλώνει την πώληση των ομολόγων στο τέλος της δεύτερης περιόδου.

$e_1 = 1, 2, 3$  είναι τα τυχαία γεγονότα που λαμβάνουν χώρα στην αρχή της δεύτερης περιόδου.

$e_2 = 1, 2, 3$  είναι τα τυχαία γεγονότα που λαμβάνουν χώρα στο τέλος της δεύτερης περιόδου.

### Μεταβλητές

$B_{ie1}^m$  = η λογιστική αξία της αγοράς των ομολόγων, για  $i = 1, 2$  και  $e = 1, 2, 3$  όταν  $i = 2$ .

$S_{ije1}^m$  = η λογιστική αξία από την πώληση των ομολόγων, για  $i = 1, j = 2, e_1 = 1, 2, 3$ .

$H_{ije1}^m$  = η λογιστική αξία από την διακράτηση των ομολόγων, για  $i = 1, j = 2, e_1 = 1, 2, 3$ .

$Y_{ie1}^m$  = η μοναδιαία απόδοση (income yield) των ομολόγων, για  $i = 1, 2$  και  $e_1 = 1, 2, 3$  όταν  $i = 2$ .

$g_{ije1e2}^m$  = το μοναδιαίο κέρδος ή η ζημιά από την πώληση των ομολόγων, για  $i = 1, 2,$

$j = 2, 3$ , αλλά  $j \neq i$ ,  $e_1 = 1, 2, 3$  όταν  $J = 2, 3$ ,  $e_2 = 1, 2, 3$  όταν  $j = 3$ .

$P_{ie1}$  = η μέγιστη λογιστική αξία του χαρτοφυλακίου, για  $i = 1, 2$  και  $e_1 = 1, 2, 3$  όταν  $i = 2$ .

$L$  = η μέγιστη επιτρεπόμενη μετά φόρων ζημιά από την πώληση των χρεογράφων.

$P_{e1}$  = η πιθανότητα εκδήλωσης του ενδεχομένου  $e_1$  στο τέλος της πρώτης περιόδου.

$P_{e_2/e_1}$ = πιθανότητα εκδήλωσης του ενδεχομένου  $e_2$  στο τέλος της δεύτερης περιόδου  
δοθέντος του ενδεχομένου  $e_1$ .

### Περιορισμοί

$$1) \sum_m B_1^m \leq P_1$$

$$2) -B_1^m + S_{12e_1}^m + H_{12e_1}^m = 0$$

$$3) -\sum_m Y_1^m B_1^m - \sum_m g_{12e_1}^m S_{12e_1}^m + \sum_m H_{12e_1}^m + \sum_m B_{2e_1}^m \leq P_{2e_1}, \text{ όπου } e_1=1,2,3$$

$$4) -\sum_m g_{12e_1}^m S_{12e_1}^m - \sum_m g_{13e_1}^m H_{12e_1}^m - \sum_m g_{23e_1}^m B_{2e_1}^m \leq L, \text{ όπου } L \text{ η μέγιστη επιτρεπόμενη ζημιιά, } e_1=1,2,3 \text{ και } g \text{ η παράμετρος που απεικονίζει την μεγαλύτερη πιθανή ζημιιά.}$$

$$5) B_{ie_1}^m \geq 0, S_{ije_1}^m \geq 0, H_{ije_1}^m \geq 0, \text{ δηλαδή οι μεταβλητές απόφασης να είναι μη αρνητικές.}$$

Σύμφωνα με τον πρώτο περιορισμό  $\sum_m B_1^m \leq P_1$ , κατά την πρώτη χρονική περίοδο το ανώτατο όριο αγοράς ομολόγων δεν μπορεί να ξεπερνά το μέγεθος του χαρτοφυλακίου. Σύμφωνα με τον δεύτερο περιορισμό  $-B_1^m + S_{12e_1}^m + H_{12e_1}^m = 0$ , στην αρχή της δεύτερης περιόδου ο διαχειριστής του χαρτοφυλακίου θα πρέπει να αποφασίσει να πωλήσει ή να διακρατήσει τα ομόλογα που αγόρασε την πρώτη περίοδο λαμβάνοντας υπ' όψιν το τυχαίο γεγονός ( $e_1=1,2,3$ ) που μπορεί να συνέβη στην αρχή της δεύτερης περιόδου. Η πώληση ή διακράτηση των ομολόγων περιορίζεται από το ύψος της αγοράς της πρώτης περιόδου. Σύμφωνα με τον τρίτο περιορισμό  $-\sum_m Y_1^m B_1^m - \sum_m g_{12e_1}^m S_{12e_1}^m + \sum_m H_{12e_1}^m + \sum_m B_{2e_1}^m \leq P_{2e_1}$ , στην αρχή της δεύτερης περιόδου το χαρτοφυλάκιο αποτελείται από ομόλογα που διακρατήθηκαν από την πρώτη περίοδο και από ομόλογα που αγοράστηκαν στη δεύτερη. Το ανώτατο όριο αγορών ομολόγων δεν ξεπερνά το μέγιστο μέγεθος του χαρτοφυλακίου. Επίσης, τα έσοδα των ομολόγων που διακρατήθηκαν την πρώτη περίοδο είναι διαθέσιμα για επανεπένδυση στη δεύτερη. Τέλος, σύμφωνα με τον τέταρτο περιορισμό  $-\sum_m g_{12e_1}^m S_{12e_1}^m - \sum_m g_{13e_1}^m H_{12e_1}^m - \sum_m g_{23e_1}^m B_{2e_1}^m \leq L$ , καθορίζεται ένα ανώτατο όριο ζημιών από την πώληση των ομολόγων. Ο περιορισμός αυτός είναι αναγκαίος για κάθε γεγονός που λαμβάνει χώρα στην αρχή της δεύτερης περιόδου καθώς ο διαχειριστής του χαρτοφυλακίου θα πρέπει να

λάβει μια απόφαση πώλησης. Επιπρόσθετα, όλα τα ομόλογα του χαρτοφυλακίου θα πρέπει να πωληθούν στο τέλος της δεύτερης περιόδου.

Στο σημείο αυτό, έχοντας αναλύσει τις μεταβλητές, τις παραμέτρους και τους περιορισμούς του μοντέλου του Crane θα προχωρήσουμε στην μαθηματική διατύπωση της αντικειμενικής συνάρτησης.

Αναλυτικότερα,  $\max E(R) = \sum_{e_1} P_{e_1} \{ \sum_{e_2} \frac{P_{e_2}}{e_1} R_{e_1, e_2} \}$ , όπου  $E(R)$  είναι τα αναμενόμενα κέρδη (ή αποδόσεις) και  $R_{e_1, e_2}$  είναι τα συνολικά κέρδη (ή αποδόσεις) τα οποία υπολογίζονται ως εξής:  $R_{e_1, e_2} = \sum \{ Y_1^m B_1^m g_{12e_1}^m S_{12e_1}^m + (Y_1^m + g_{13e_1e_2}^m) H_{12e_1}^m + (Y_{2e_1}^m + g_{23e_1e_2}^m) B_{2e_1}^m \}$ . Συνεπώς, ο στόχος της αντικειμενικής συνάρτησης του ανωτέρου μοντέλου είναι η μεγιστοποίηση των αναμενόμενων αποδόσεων ή κερδών υποκειμένα σε έναν περιορισμό κινδύνου.

Συνοψίζοντας, το μοντέλο του Crane σε αντίθεση με προηγούμενα μοντέλα, παρέχει μια τεχνική βέλτιστης λύσης, η οποία επισημαίνει την αβεβαιότητα τόσο στις ταμειακές ροές όσο και στα επιτόκια. Για λόγους ευκολίας εφαρμόζει τον προγραμματισμό δύο περιόδων υπό αβεβαιότητα στο πρόβλημα χαρτοφυλακίου ομολογιών. Γίνεται η υπόθεση ότι ο διαχειριστής χαρτοφυλακίου με ένα γνωστό αριθμό μετρητών αντιμετωπίζει ένα γνωστό σύνολο επιτοκίων. Μπορεί να επενδύσει σε κάθε ένα από τα επτά στοιχεία ενεργητικού που αντιπροσωπεύουν διαφορετικές κατηγορίες λήξης ή ομολογιών. Στο τέλος της πρώτης περιόδου (έξι μήνες), ένα τυχαίο γεγονός συμβαίνει και ο διαχειριστής χαρτοφυλακίου παίρνει ένα άλλο σύνολο αποφάσεων εν' όψει των νέων συνθηκών. Ένα γεγονός καθορίζεται από ένα σύνολο επιτοκίων και μια ταμειακή ροή επιβάλλει έναν περιορισμό νέου μεγέθους χαρτοφυλακίου.

Υπάρχει ένας οριστικός αριθμός γεγονότων, τριών στη συγκεκριμένη διατύπωση, που έχουν μια διακριτή πιθανότητα κατανομής. Έστω λοιπόν, ότι ο διαχειριστής χαρτοφυλακίου γνωρίζει την πιθανότητα του κάθε γεγονότος. Στο τέλος του δεύτερου εξαμήνου, ένα νέο τυχαίο γεγονός συμβαίνει και το χαρτοφυλάκιο πωλείται σε μετρητά. Έτσι, το μοντέλο καλύπτει δύο εξαμηνιαίες περιόδους, με τις αποφάσεις να λαμβάνονται στην αρχή της κάθε περιόδου και η τελική αξία του χαρτοφυλακίου να καθορίζεται στο τέλος της δεύτερης περιόδου.

### **3.2.4 Το μοντέλο των Booth και Dash (1979)**

Το βασικό πρόβλημα της ανάπτυξης στρατηγικών διαχείρισης ενός τραπεζικού χαρτοφυλακίου είναι η διαμόρφωση της σύνθεσης των στοιχείων του ενεργητικού και παθητικού έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη ισορροπία μεταξύ κερδοφορίας, κινδύνου και ρευστότητας. Αποφάσεις που επηρεάζουν το μέγεθος και τη δομή των στοιχείων ενεργητικού και παθητικού της τράπεζας έχουν άμεση επίπτωση στην κερδοφορία και ρευστότητά της.

Στόχος λοιπόν είναι η μοντελοποίηση του τραπεζικού χαρτοφυλακίου για την εύρεση της βέλτιστης λύσης. Μέσα σ' αυτό το πλαίσιο, οι Booth και Dash εφάρμοσαν τέσσερα διαφορετικά μοντέλα γραμμικού προγραμματισμού (linear programming – LP, two-stage stochastic linear programming with simple recourse – TSLP, linear goal programming – LGP, two-stage stochastic linear goal programming with simple recourse – TSLGP) χρησιμοποιώντας τα ίδια δεδομένα προκειμένου να έχουν συγκρίσιμα αποτελέσματα. Για λόγους απλοποίησης, τα ανωτέρω μοντέλα καλύπτουν μόνο μια περίοδο, δεν λαμβάνουν υπ' όψιν τη φορολογία, η σύνθεση του τραπεζικού ισολογισμού αποτελείται από έναν μικρό αριθμό μεταβλητών και οι περιορισμοί έχουν να κάνουν μόνο με τις απαιτήσεις σε αποθέματα και τον δείκτη δανείων προς καταθέσεις.

Για την καλύτερη κατανόηση της μαθηματικής διατύπωσης των τεσσάρων αυτών υποδειγμάτων κρίνεται απαραίτητη η περιγραφή των μεταβλητών και των παραμέτρων των μοντέλων καθώς και η ανάλυση της σημασίας της αντικειμενικής συνάρτησης και των περιορισμών που περιλαμβάνονται σ' αυτήν.

---

Μεταβλητές Ισολογισμού

---

$B_1$  = μετρητά

$B_2$  = χρεόγραφα

$B_3$  = δάνεια

$B_4$  = καταθέσεις

$B_5$  = ίδια κεφάλαια

---

---

### Μεταβλητές Απόφασης

---

$P_2$  = αγορά χρεογράφων

$P_3$  = ύψος χορήγησης δανείων

$S_2$  = πώληση χρεογράφων

$S_{21}$  = πώληση χρεογράφων με βάση το πρώτο σενάριο

$S_{22}$  = πώληση χρεογράφων με βάση το δεύτερο σενάριο

---

### Παράμετροι και άλλες Μεταβλητές

---

$a$  = η αναλογία των καταθέσεων σε σχέση με τα αποθέματα ρευστότητας

$b$  = το ποσοστό χρεογράφων που λήγουν εντός της περιόδου

$c$  = το ποσοστό δανείων που λήγουν εντός της περιόδου

$d$  = η μέγιστη ζήτηση νέων δανείων εντός της περιόδου

$e$  = η μέγιστη προσφορά καταθέσεων εντός της περιόδου

$e_1$  = η μέγιστη προσφορά καταθέσεων εντός της περιόδου με βάση το δεύτερο σενάριο

$e_2$  = η μέγιστη προσφορά καταθέσεων εντός της περιόδου με βάση το δεύτερο σενάριο

$f$  = ο μέγιστος επιθυμητός δείκτης δανείων προς καταθέσεις

$r_2$  = το επιτόκιο των νέων χρεογράφων

$r'_2$  = το επιτόκιο των χρεογράφων

$r'_3$  = το επιτόκιο των δανείων

$r_3$  = το επιτόκιο των νέων δανείων

$r_4$  = το επιτόκιο των καταθέσεων

$P$  = η πιθανότητα εκδήλωσης των σεναρίων ( $i=1,2$ )

$h^+$  = η υπερεπίτευξη των μεταβλητών απόκλισης

$h^-$  = η υποεπίτευξη των μεταβλητών απόκλισης

$B'_2$  = το αρχικό ποσό των χρεογράφων

$B'_3$  = τα δάνεια στην αρχή της περιόδου

$B'_5$  = τα ίδια κεφάλαια στην αρχή της περιόδου

#### Η Μαθηματική διατύπωση των μοντέλων

Το πρώτο μοντέλο που εφάρμοσαν για την βέλτιστη διαχείριση του ενεργητικού και παθητικού τραπεζών ήταν ένα απλό γραμμικό μοντέλο προγραμματισμού (linear programming model, LP). Η αντικειμενική συνάρτηση του γραμμικού αυτού μοντέλου (LP) διατυπώνεται ως εξής:

---

$\max B_5$ , υποκείμενη στους εξής περιορισμούς:

---

$$B_1 \geq \alpha B_4$$

$$B_2 = (1-b)B'_2 + P_2 - S_2$$

$$S_2 \leq (1-b)B'_2$$

$$B_3 = (1-c)B'_3 + P_3$$

$$P_3 \leq d$$

$$B_4 \leq e$$

$$B_3 \leq f B_4$$

$$B_5 = r'_2 (1-b)B'_2 + r_2 P_2 - [r'_2 - (r'_2 / r_2) + 1] S_2 + r'_3 (1-c)B'_3 + r_3 P_3 - r_4 B_4 + B'_5$$

$$B_1 + B_2 + B_3 = B_4 + B_5$$


---

Στόχος της ανωτέρω αντικειμενικής συνάρτησης είναι η μεγιστοποίηση του πλούτου των μετόχων (δηλαδή της αξίας του μετοχικού κεφαλαίου) στο τέλος της σχεδιασμένης χρονικής περιόδου. Ο στόχος αυτός υπόκειται σε μια σειρά περιορισμών. Συγκεκριμένα, ο πρώτος περιορισμός  $B_1 \geq aB_4$ , απαιτεί ένα ποσοστό των καταθέσεων να κρατείται σε μορφή ρευστών διαθεσίμων. Οι επόμενοι δύο περιορισμοί  $B_2 = (1-b)B'_2 + P_2 - S_2$  και  $S_2 \leq (1-b)B'_2$ , έχουν να κάνουν με το χαρτοφυλάκιο των χρεογράφων. Χρεόγραφα που αγοράζονται σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο δεν μπορούν να πωληθούν μες στην ίδια χρονική περίοδο. Επίσης, οι τράπεζες δεν μπορούν να πωλήσουν χρεόγραφα που δεν τους ανήκουν. Απαγορεύεται με άλλα λόγια η ανοιχτή πώληση (short-selling). Στη συνέχεια ακολουθούν περιορισμοί που έχουν να κάνουν με το ύψος των χορηγούμενων δανείων, το επίπεδο των καταθέσεων και την ικανοποίηση της λογιστικής ισότητας ότι το Ενεργητικό = Παθητικό + Ίδια Κεφάλαια ( $B_1 + B_2 + B_3 = B_4 + B_5$ ).

Στη συνέχεια ανέπτυξαν ένα στοχαστικό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων (two-stage stochastic linear programming model with simple recourse - TSLP). Το μοντέλο αυτό αποτελεί διεύρυνση του προηγούμενου μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού ενσωματώνοντας επιλεγμένα χαρακτηριστικά αβεβαιότητας, όπως την αβεβαιότητα στις καταθέσεις και στα επιτόκια των χρεογράφων. Συνεπώς, οι καταθέσεις και τα επιτόκια των χρεογράφων είναι στοχαστικά και όχι ντετερμινιστικά όπως προηγουμένως. Σημαντικής σημασίας είναι η δυναμική ικανότητα του μοντέλου να βοηθήσει τα τραπεζικά στελέχη να αποκτήσουν διορατικότητα στον τρόπο με τον οποίο οι αβεβαιότητες που σχετίζονται με μελλοντικές οικονομικές εξελίξεις επηρεάζουν το βέλτιστο σύνολο αποφάσεων του πρώτου σταδίου. Η αντικειμενική συνάρτηση του στοχαστικού αυτού μοντέλου προγραμματισμού δύο σταδίων (TSLP) ορίζεται ως εξής:

---

$\max p_1 B_{51} + p_2 B_{52}$  υποκειμένη στους εξής περιορισμούς:

---

$$B_{11} \geq a B_{41}$$

$$B_{12} \geq a B_{42}$$

$$B_{21} = (1-b)B'_2 + P_2 - S_{21}$$

$$B_{22} = (1-b)B'_2 + P_2 - S_{22}$$

$$S_{21} \leq (1-b)B'_2$$

$$S_{22} \leq (1-b)B'_2$$

$$B_3 = (1-c)B'_3 + P_3$$

$$P_3 \leq d$$

$$B_{41} \leq e_1$$

$$B_{42} \leq e_2$$

$$B_3 \leq f B_{41}$$

$$B_3 \leq f B_{42}$$

$$B_{51} = r'_2 (1-b)B'_2 + r_2 P_2 - [r'_2 - (r'_2 / r_{21}) + 1] S_{21} + r'_3 (1-c)B'_3 + r_3 P_3 - r_4 B_{41} + B'_5$$

$$B_{52} = r'_2 (1-b)B'_2 + r_2 P_2 - [r'_2 - (r'_2 / r_{22}) + 1] S_{22} + r'_3 (1-c)B'_3 + r_3 P_3 - r_4 B_{42} + B'_5$$

$$B_{11} + B_{21} + B_3 = B_{41} + B_{51}$$

$$B_{12} + B_{22} + B_3 = B_{42} + B_{52}$$

---

Έπειτα, ανέπτυξαν ένα γραμμικό μοντέλο πολλαπλών στόχων (LGP) για την αποτελεσματική διαχείριση του τραπεζικού ισολογισμού. Το πολυστοχικό αυτό μοντέλο εμφανίζει πολλά πλεονεκτήματα έναντι των απλών γραμμικών μοντέλων. Συγκεκριμένα, επιτρέπει την εισαγωγή πολλών πληροφοριών για τη βέλτιστη λύση και δίνει τη δυνατότητα στον διαχειριστή του τραπεζικού χαρτοφυλακίου να ενσωματώσει εύκολα πολυάριθμους περιορισμούς και στόχους. Η αντικειμενική συνάρτηση του πολυστοχικού αυτού μοντέλου (LGP) διατυπώνεται ως εξής:



---

$\min Z_1[ h_1^+ ] + Z_2[ h_3^- + h_5^+ + h_6^- ]$ , υποκείμενη στους εξής περιορισμούς:

---

$$B_1 - h_1^+ = \alpha B_4$$

$$B_2 = (1-b)B_2' + P_2 - S_2$$

$$S_2 + h_2^- = (1-b)B_2'$$

$$B_3 = (1-c)B_3' + P_3$$

$$P_3 + h_3^- = d$$

$$B_4 + h_4^- = e$$

$$B_3 + h_5^- - h_5^+ = f B_4$$

$$B_5 = r_2' (1-b)B_2' + r_2 P_2 - [ r_2' - (r_2' / r_2) + 1 ] S_2 + r_3' (1-c)B_3' + r_3 P_3 - r_4 B_4 + B_5'$$

$$B_1 + B_2 + B_3 = B_4 + B_5$$

$$B_5 + h_6^- = 10^6$$

---

Από την μαθηματική διατύπωση του ανωτέρου υποδείγματος διαχείρισης ενεργητικού και παθητικού τραπεζών, η αντικειμενική συνάρτηση περιλαμβάνει την ελαχιστοποίηση των μεταβλητών αποκλίσεων από τις τελικές τιμές των στόχων (απαιτούμενο επίπεδο μετρητών – ρευστών διαθεσίμων, ζήτηση δανείων, δάνεια ως ποσοστό των καταθέσεων και κερδοφορία). Οι αποκλίσεις που αντιστοιχούν σε διαφορετικούς στόχους είναι σταθμισμένες στην αντικειμενική συνάρτηση σύμφωνα με τη σημαντικότητα των στόχων.

Τέλος, ανέπτυξαν ένα πολυστοχικό στοχαστικό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων (TSLGP). Η αντικειμενική συνάρτηση του μοντέλου (TSLGP) διατυπώνεται ως εξής:

---

$\text{Min } Z_1[ h_{11}^+ + h_{12}^+ ] + Z_2[ h_3^- + h_{51}^+ + h_{52}^+ + h_6^- ]$ , υποκείμενη στους εξής περιορισμούς:

---

$$B_{11} - h_{11}^+ = \alpha B_{41}$$

$$B_{12} - h_{12}^+ = \alpha B_{42}$$

$$B_{21} = (1-b)B'_2 + P_2 - S_{21}$$

$$B_{22} = (1-b)B'_2 + P_2 - S_{22}$$

$$S_{21} + h_{21}^- = (1-b)B'_2$$

$$S_{22} + h_{22}^- = (1-b)B'_2$$

$$B_3 = (1-c)B'_3 + P_3$$

$$P_3 + h_3^- = d$$

$$B_{41} + h_{41}^- = e_1$$

$$B_{42} + h_{42}^- = e_2$$

$$B_3 + h_{51}^- - h_{51}^+ = fB_{41}$$

$$B_3 + h_{52}^- - h_{52}^+ = fB_{42}$$

$$B_{51} = r'_2 (1-b)B'_2 + r_2 P_2 - [r'_2 - (r'_2 / r_{21}) + 1] S_{21} + r'_3 (1-c)B'_3 + r_3 P_3 - r_4 B_{41} + B'_5$$

$$B_{52} = r'_2 (1-b)B'_2 + r_2 P_2 - [r'_2 - (r'_2 / r_{22}) + 1] S_{22} + r'_3 (1-c)B'_3 + r_3 P_3 - r_4 B_{42} + B'_5$$

$$B_{11} + B_{21} + B_3 = B_{41} + B_{51}$$

$$B_{12} + B_{22} + B_3 = B_{42} + B_{52}$$

$$p_1 B_{51} + p_2 B_{52} + h_6^- = 10^6$$

Το μοντέλο αυτό ενσωματώνει όλα τα χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα των προηγούμενων τριών μοντέλων παρέχοντας στον διαχειριστή του τραπεζικού χαρτοφυλακίου τη δυνατότητα να ενσωματώσει εύκολα πολυάριθμους περιορισμούς και στόχους αναπτύσσοντας διάφορα σενάρια λόγω της αβεβαιότητας που σχετίζεται με τις μελλοντικές οικονομικές εξελίξεις.

### 3.2.5 Το μοντέλο των Kallberg, White και Ziemba (1982)

Οι Kallberg, White και Ziemba διατύπωσαν ένα πρόβλημα βραχυπρόθεσμου χρηματοοικονομικού προγραμματισμού ως ένα стоχαστικό γραμμικό μοντέλο (stochastic linear programming with simple recourse), όπου οι προβλεπόμενες ταμειακές ροές είναι διακριτές τυχαίες μεταβλητές. Τα στοιχεία που χρησιμοποίησαν ήταν αυτά της μελέτης των Pogue και Bussard (1972). Στόχος του μοντέλου τους ήταν η ελαχιστοποίηση του κόστους

των διάφορων πηγών διαθέσιμων και του αναμενόμενου κόστους ποινής εξαιτίας της παραβίασης περιορισμών πάνω στο χρονικό ορίζοντα των τεσσάρων τριμήνων. Αναλυτικότερα, σύμφωνα με το μοντέλο των Kallberg, White και Ziemba οι προβλεπόμενες ταμειακές απαιτήσεις, τα ρευστοποιήσιμα κεφάλαια και τα κόστη λήξεων λαμβάνονται ως τυχαίες μεταβλητές, ενώ για λόγους απλοποίησης, στους υπολογισμούς αυτά τα κόστη λαμβάνονται ως ντετερμινιστικά. Το μοντέλο δεν είναι δυναμικό, εφόσον όλα τα στοιχεία ενεργητικού επιλέχτηκαν στην αρχική περίοδο. Ωστόσο, έχει μερικές δυναμικές όψεις μέσω των κυρώσεων για τους περιορισμούς αθέτησης στα τέσσερα τρίμηνα του έτους. Για την επίλυση του μοντέλου, οι Kallberg, White και Ziemba χρησιμοποίησαν τον αλγόριθμο του Wets για καταναμημένα προβλήματα στοχαστικού γραμμικού προγραμματισμού. Στο σημείο αυτό, είναι σημαντικό να αναφερθούν και οι υποθέσεις που διέπουν το ανωτέρω μοντέλο. Συγκεκριμένα, στο πρόβλημα βραχυπρόθεσμου χρηματοοικονομικού προγραμματισμού που διατύπωσαν οι Kallberg, White και Ziemba όλες οι ποσότητες είναι εκφρασμένες σε χιλιάδες δολάρια και τα κεφάλαια θεωρούνται ότι λαμβάνονται ή δαπανώνται στην αρχή της περιόδου. Επίσης, για την καλύτερη κατανόηση της μαθηματικής διατύπωσης του μοντέλου κρίνεται απαραίτητη η ανάλυση της σημασίας των περιορισμών καθώς και η περιγραφή των μεταβλητών και των παραμέτρων του. Αναλυτικά, το μοντέλο των Kallberg, White και Ziemba υπόκειται σε μια σειρά από περιορισμούς, οι σημαντικότεροι εκ των οποίων είναι οι εξής:

1) Η ανοιχτή γραμμή πιστοδοτήσεως

(α)  $X_{1t} + L_{1t} \leq 1500$ , όπου  $X_{1t}$  = οι διάφορες πηγές διαθέσιμων σε χρονικό ορίζοντα τεσσάρων τριμήνων  $t=1,2,3,4$  και  $L_{1t}$  = τα ταμειακά αποθέματα της αντίστοιχης χρονικής περιόδου  $t=1,2,3,4$ .

(β)  $0.2X_{1t} - b_t \leq c_t$ , όπου  $b_t$  = το ύψος δανεισμού και  $c_t$  = οι λειτουργικές ταμειακές ροές για  $t=1,2,3,4$ .

Συνεπώς, με βάση τον πρώτο περιορισμό οι ταμειακές εισροές από την ανοιχτή γραμμή πιστοδότησης  $X_{1t}$  και τα ταμειακά αποθέματα  $L_{1t}$  της αντίστοιχης χρονικής περιόδου  $t=1,2,3,4$  δεν μπορούν να ξεπερνούν το όριο του 1,5 εκατομμυρίου (εκφρασμένο σε χιλιάδες δολάρια). Επίσης, θα πρέπει να παρακρατείται το είκοσι τοις εκατό των ταμειακών εισροών έτσι ώστε λαμβάνοντας υπ' όψιν και το ύψος δανεισμού της αντίστοιχης χρονικής περιόδου  $t=1,2,3,4$  να μην υπάρχει υπέρβαση στα λειτουργικά ταμειακά διαθέσιμα  $c_t$  της επιχείρησης.

## 2) Η χρηματοδότηση με ενεχυρίαση λογαριασμών

$$X_{2t} + L_{2t} \leq 0.8AR_t, \text{ όπου } AR_t = \text{οι ενεχυριασμένοι λογαριασμοί}$$

Συνεπώς, με βάση τον ανωτέρω περιορισμό οι ταμειακές εισροές  $X_{2t}$  (ύψος δανεισμού - χρηματοδότησης της επιχείρησης λόγω ενεχυρίασης των λογαριασμών της) και τα αντίστοιχα ταμειακά αποθέματα  $L_{2t}$  της επιχείρησης δεν μπορούν να υπερβαίνουν το ογδόντα τοις εκατό των ενεχυριασμένων λογαριασμών της  $AR_t$ .

## 3) Οι καθυστερήσεις πληρωμών

$$a) X_{3t} + L_{3t} \leq 0.8AP_t$$

b)  $P_t - X_{3t} = AP_t$ , όπου  $P_t$  = οι ταμειακές εκροές (πληρωμές) στο τέλος της χρονικής περιόδου  $t=1,2,3,4$  και  $AP_t$  = οι ταμειακές ροές (υποχρεώσεις) της επιχείρησης στο τέλος της χρονικής περιόδου  $t=1,2,3,4$  που προκύπτουν ως διαφορά των ταμειακών εκροών (πληρωμών)  $P_t$  και των ταμειακών εισροών  $X_{3t}$  λόγω καθυστέρησης πληρωμών. Άρα, ο παραπάνω περιορισμός δηλοί ότι οι ταμειακές εισροές  $X_{3t}$  (λόγω καθυστέρησης πληρωμών) και τα αντίστοιχα ταμειακά αποθέματα  $L_{3t}$  της επιχείρησης δεν μπορούν να υπερβαίνουν το ογδόντα τοις εκατό των ταμειακών ροών  $AP_t$  της επιχείρησης στο τέλος της χρονικής περιόδου  $t=1,2,3,4$ .

## 4) Οι όροι δανεισμού

$X_4 \leq 3000$ , δηλαδή το ανώτατο όριο δανεισμού της επιχείρησης είναι το κεφάλαιο των τριών εκατομμυρίων δολαρίων (εκφρασμένο σε χιλιάδες) στην αρχή της πρώτης περιόδου. Η αποπληρωμή του γίνεται σε δέκα ισόποσες δόσεις καταβλητέες αρχής γενομένης την δεύτερη περίοδο.

## 5) Περιορισμοί που αφορούν τους όρους δανεισμού

$$a) X_{1t} + a_t X_4 + L_{1t} \leq 3200$$

$$b) X_{2t} + a_t X_4 + L_{2t} \leq 4500$$

όπου  $a_1 = a_2 = 1$  και  $a_3 = a_4 = 0.9$

Οι ανωτέρω περιορισμοί αφορούν τους ετήσιους περιορισμούς τόσο για την ανοιχτή γραμμή χρηματοδότησης όσο και για την χρηματοδότηση μέσω ενεχυρίασης λογαριασμών.

6) Τα μακροπρόθεσμα περιουσιακά στοιχεία

$$T_t = T_{t-1} + X_{5t} - T_{1t} - T_{2t} - T_{3t},$$

όπου  $T_t$  είναι τα μακροπρόθεσμα περιουσιακά στοιχεία που μπορούν να πωληθούν ή να ρευστοποιηθούν την χρονική περίοδο  $t=1,2,3,4$ .

$T_0$  είναι το αρχικό ποσό των μακροπρόθεσμων περιουσιακών στοιχείων.

$T_{it}$  είναι το ύψος του περιουσιακού στοιχείου την χρονική περίοδο  $t=1,2,3,4$  ανάλογα με το σενάριο  $i=1,2,3$  και ισούται με  $\xi_i$ , όπου  $\xi$  είναι διακριτή τυχαία μεταβλητή.

Επιπλέον, με  $P(0.2, 0.6, 0.2)$  συμβολίζουν τις πιθανότητες υλοποίησης των τριών σεναρίων ( $i=1,2,3$ ) και με  $(q^+, q^-)$  συμβολίζουν το κόστος ποινής εξαιτίας της παραβίασης των περιορισμών.

$X_{5t}$  είναι το ποσό των μακροπρόθεσμων περιουσιακών στοιχείων που αγοράστηκε την περίοδο  $t$ .

7) Οι πηγές και οι χρήσεις κεφαλαίων

$$(X_{1t} + X_{2t} + X_{3t} + b_{t-1} + T_{1t} + T_{2t} + T_{3t} + k_1 X_4) - (b_t + k_2 X_{1,t-1} + k_3 X_{2,t-1} + k_4 X_{3,t-1} + k_5 X_4 + X_{5t} + X_{6t}) = R_t$$

Ο ανωτέρω περιορισμός απεικονίζει την λογιστική ισότητα όσον αφορά τα στοιχεία του ενεργητικού και παθητικού ενός ισολογισμού, όπου  $R_t$  είναι η αθροιστική ταμειακή απαίτηση,  $X_{5t}$  τα μακροπρόθεσμα χρεόγραφα και  $X_{6t}$  τα εμπορεύσιμα χρεόγραφα.

8) Οι στοχαστικές ταμειακές απαιτήσεις

$$X_{6t} + L_{1t} + L_{2t} + L_{3t} = \xi_3, \text{ όπου } \xi_3 \text{ είναι διακριτή τυχαία μεταβλητή.}$$

Εν κατακλείδι, οι Kallberg, White και Ziemba συγκρίνοντας το μοντέλο που ανέπτυξαν με προηγούμενα μοντέλα κατέληξαν ότι ακόμα και με συμμετρικά κόστη κυρώσεων και κατανομές, το στοχαστικό γραμμικό μοντέλο προγραμματισμού είναι ανώτερο από μοντέλο

μέσου επιτρέποντας μια πιο ρεαλιστική απεικόνιση των στοιχειωδών αβεβαιοτήτων του προβλήματος.

### **3.2.6 Το μοντέλο των Booth και Koneos (1986)**

Οι Booth και Koneos ανέπτυξαν ένα στοχαστικό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων (two - stage stochastic linear program with simple recourse, TSLP), το οποίο καλύπτει μόνο μια περίοδο. Το μοντέλο αυτό αποτελεί μια προέκταση του μοντέλου διαχείρισης χαρτοφυλακίου τραπεζών των Booth και Dash (1979). Αναλυτικότερα, αποτελεί έναν συγκερασμό της παραδοσιακής διαχείρισης των στοιχείων ενεργητικού και παθητικού ενός τραπεζικού ιδρύματος (ALM) και της ανάπτυξης στρατηγικών αντιστάθμισης κινδύνου. Συγκεκριμένα, σχεδίασαν ένα μοντέλο το οποίο παρέχει στην τράπεζα την δυνατότητα να αντισταθμίσει τον επιτοκιακό κίνδυνο των μακροπρόθεσμων χρεογράφων του χαρτοφυλακίου της και την ικανότητα πώλησης των βραχυπρόθεσμων χρεογράφων της για άντληση ρευστότητας. Επιπροσθέτως, το μοντέλο είναι κατασκευασμένο έτσι ώστε να θεωρεί τις μεταβλητές των καταθέσεων, των επιτοκίων και των μελλοντικών τιμών των χρεογράφων ως στοχαστικές προσεγγίζοντας περισσότερο την πραγματικότητα. Σε σύγκριση με το μοντέλο των Booth και Dash (1979), το μοντέλο των Booth και Koneos παρουσιάζει πολλές ομοιότητες αλλά και δυο βασικές διαφορές. Αναλυτικότερα, και τα δύο μοντέλα περιλαμβάνουν τους ίδιους λογαριασμούς ενεργητικού και παθητικού δηλαδή ταμείο, δάνεια, χρεόγραφα, καταθέσεις και ίδια κεφάλαια. Επίσης, τόσο το μοντέλο των Booth και Dash όσο και το μοντέλο των Booth και Koneos θεωρούν ότι στο πρώτο στάδιο αποφασίζεται η αγορά χρεογράφων και η χορήγηση δανείων και στο δεύτερο στάδιο αποφασίζεται η πώληση των χρεογράφων. Τέλος, και στα δύο μοντέλα εξετάζεται η βέλτιστη συμπεριφορά του τραπεζικού χαρτοφυλακίου κάτω από δύο διαφορετικά οικονομικά σενάρια. Ωστόσο τα δύο αυτά μοντέλα παρουσιάζουν δύο βασικές διαφορές οι οποίες αναλύονται στις εξής:

- 1) Στο μοντέλο των Booth και Koneos τα χρεόγραφα διακρίνονται σε βραχυπρόθεσμα και σε μακροπρόθεσμα ενώ στο μοντέλο των Booth και Dash δεν υφίσταται η διάκριση αυτή.
- 2) Στο μοντέλο των Booth και Koneos ενσωματώνεται ως απόφαση στο πρώτο στάδιο η ικανότητα αντιστάθμισης του επιτοκιακού κινδύνου των μακροπρόθεσμων χρεογράφων με χρήση συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης (futures).

Η Μαθηματική διατύπωση του μοντέλου

Η αντικειμενική συνάρτηση του μοντέλου ορίζεται ως εξής:

---

Max  $\sum_{i=1}^n \rho^i E^i$ , υποκείμενη στους εξής περιορισμούς:

---

$$R^i \geq \alpha D^i + m S_F$$

$$S_{STS}^i \leq (1 - b_{STS}) STS^*$$

$$S_{LTS}^i \leq (1 - b_{LTS}) LTS^*$$

$$S_F \leq (1 - b_{LTS}) LTS^*$$

$$P_L \leq 1$$

$$D^i \leq d^i$$

$$L \leq c D^i$$

$$STS^i = (1 - b_{STS}) STS^* + P_{STS} - S_{STS}^i$$

$$LTS^i = (1 - b_{LTS}) LTS^* + P_{LTS} - S_{LTS}^i$$

$$L = (1 - b_L) L^* + P_L$$

$$E^i = r_{STS}^* (1 - b_{STS}) STS^* + r_{STS} P_{STS} - (r_{STS}^* + k_{STS}^i) S_{STS}^i + r_{LTS}^* (1 - b_{LTS}) LTS^* + r_{LTS} P_{LTS} - (r_{LTS}^* + k_{LTS}^i) S_{LTS}^i + [1 - (p_{PF}^i / p_{PF})] S_F + r_L^* (1 - b_L) L^* + r_L P_L - r_D^i D^i + E^*$$

$$R^i + STS^i + LTS^i + L = D^i + E^i$$

όπου,

$$k_{STS}^i = 1 - \left[ r_{STS}^* \sum_{t=1}^{\left(\frac{0.5}{b_{STS}}\right) + 0.5} (1 + r_{STS}^i)^{-t} + (1 + r_{STS}^i)^{-\left(\frac{0.5}{b_{STS}}\right) + 0.5} \right]$$

$$k_{LTS}^i = 1 - \left[ r_{LTS}^i \sum_{t=1}^{\left(\frac{0.5}{b_{LTS}}\right)+0.5} (1 + r_{LTS}^i)^{-t} + (1 + r_{LTS}^i)^{-\left(\frac{0.5}{b_{LTS}}\right)+0.5} \right]$$


---

Για την καλύτερη κατανόηση του μαθηματικού υποδείγματος των Booth και Koveos κρίνεται απαραίτητο η ανάλυση και η περιγραφή των μεταβλητών και των παραμέτρων του.

Οι Μεταβλητές του Ισολογισμού που χρησιμοποιήθηκαν είναι R, τα ταμειακά αποθέματα, STS, τα βραχυπρόθεσμα χρεόγραφα, LTS, τα μακροπρόθεσμα χρεόγραφα, L, τα δάνεια, D, οι καταθέσεις και E, τα ίδια κεφάλαια. Όσον αφορά τις μεταβλητές απόφασης διακρίνονται σε μεταβλητές απόφασης πρώτου και δευτέρου σταδίου. Αναλυτικότερα, οι Μεταβλητές Απόφασης του πρώτου σταδίου είναι οι εξής:

---

$P_{STS}$  = αγορά βραχυπρόθεσμων χρεογράφων

$P_{LTS}$  = αγορά μακροπρόθεσμων χρεογράφων

$P_L$  = ύψος χορήγησης δανείων

$S_F$  = πώληση συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης (futures)

---

Οι Μεταβλητές Απόφασης του δεύτερου σταδίου είναι οι ακόλουθες:

---

$S_{STS}$  = πώληση βραχυπρόθεσμων χρεογράφων

$S_{LTS}$  = πώληση μακροπρόθεσμων χρεογράφων

---



Τέλος, στο μοντέλο των Booth και Koneos λαμβάνουν χώρα μια σειρά από παράμετροι και άλλες μεταβλητές. Οι σημαντικότερες είναι οι εξής:

---

$\alpha$  = αναλογία των καταθέσεων σε σχέση με τα αποθέματα

$m$  = το μοναδιαίο περιθώριο από την πώληση των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης

$b_{STS}$  = ποσοστό βραχυπρόθεσμων χρεογράφων που λήγουν

$b_{LTS}$  = ποσοστό μακροπρόθεσμων χρεογράφων που λήγουν

$b_L$  = ποσοστό δανείων που λήγουν

$I$  = η μέγιστη ζήτηση για νέα δάνεια

$d$  = η μέγιστη προσφορά νέων καταθέσεων

$c$  = ο μέγιστος επιθυμητός δείκτης δανείων προς καταθέσεις

$r_{STS}$  = επιτόκιο βραχυπρόθεσμων χρεογράφων

$r_{LTS}$  = επιτόκιο μακροπρόθεσμων χρεογράφων

$r_L$  = επιτόκιο δανείων

$r_D$  = επιτόκιο καταθέσεων

$P_{SF}$  = η τιμή πώλησης των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης (futures)

$P_{PF}$  = η τιμή αγοράς των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης (futures)

$p$  = η πιθανότητα εκδήλωσης του σεναρίου

$n$  = ο αριθμός των σεναρίων

$k_{STS}^i$  = τα κεφαλαιακά κέρδη ή ζημιές που σχετίζονται με την πώληση βραχυπρόθεσμων χρεογράφων κάτω από την εκδήλωση των διαφόρων σεναρίων  $i=1, \dots, n$

$k_{LTS}^i$  = τα κεφαλαιακά κέρδη ή ζημιές που σχετίζονται με την πώληση μακροπρόθεσμων χρεογράφων κάτω από την εκδήλωση των διαφόρων σεναρίων  $i=1, \dots, n$

$[1-(P_{PF}^i/P_{SF})]$  = το μοναδιαίο κέρδος από την συναλλαγή αγοράς συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης κάτω από την εκδήλωση των διαφόρων σεναρίων για την πλήρη αντιστάθμιση της θέσης πώλησης

\*= υποδηλώνει τις αρχικές τιμές των παραμέτρων και των μεταβλητών.

Στο σημείο αυτό, έχοντας αναλύσει τις μεταβλητές και τις παραμέτρους του μοντέλου θα προχωρήσουμε στην επεξήγηση της αντικειμενικής συναρτήσεως και τους περιορισμούς που την διέπουν. Αναλυτικότερα, στόχος της αντικειμενικής συνάρτησης είναι η μεγιστοποίηση της αξίας του μετοχικού κεφαλαίου στο τέλος της σχεδιασμένης χρονικής περιόδου. Ο στόχος αυτός υπόκειται σε μια σειρά περιορισμών. Συγκεκριμένα, ο πρώτος περιορισμός  $R^i \geq \alpha D^i + mS_F$ , απαιτεί ένα ποσοστό των καταθέσεων να κρατείται σε μορφή ρευστών διαθέσιμων πλέον μιας συμπληρωματικής επιπρόσθετης απαίτησης από την πώληση των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης έτσι ώστε το πιστωτικό ίδρυμα να έχει την απαιτούμενη ρευστότητα για την αντιμετώπιση ανεπάντεχων γεγονότων. Σύμφωνα με τον περιορισμό  $STS^i = (1-b_{STS})STS^* + P_{STS} - S_{STS}^i$ , η αξία των βραχυπρόθεσμων χρεογράφων που απεικονίζεται στον ισολογισμό ισούται με τα βραχυπρόθεσμα χρεόγραφα που δεν έχουν λήξει, πλέον τα χρεόγραφα που αγοράστηκαν κατά την διάρκεια της περιόδου, μείον τα χρεόγραφα που πωλήθηκαν. Ο περιορισμός  $S_{STS}^i \leq (1-b_{STS})STS^*$ , που αφορά το χαρτοφυλάκιο των χρεογράφων δεν επιτρέπει χρεόγραφα που αγοράζονται σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο να πωληθούν μες στην ίδια χρονική περίοδο ενώ βραχυπρόθεσμα χρεόγραφα που δεν έχουν λήξει μπορούν να πωληθούν. Οι περιορισμοί  $S_{LTS}^i \leq (1-b_{LTS})LTS^*$  και  $LTS^i = (1-b_{LTS})LTS^* + P_{LTS} - S_{LTS}^i$  είναι ανάλογοι με τους  $S_{STS}^i \leq (1-b_{STS})STS^*$  και  $STS^i = (1-b_{STS})STS^* + P_{STS} - S_{STS}^i$  μόνο που αφορούν τα μακροπρόθεσμα χρεόγραφα. Επίσης, σύμφωνα με τον περιορισμό  $S_F \leq (1-b_{LTS})LTS^*$ , μόνο ο επιτοκιακός κίνδυνος των μακροπρόθεσμων χρεογράφων αντισταθμίζεται και το μέγεθος της αντιστάθμισης εξαρτάται από τον όγκο των μακροπρόθεσμων χρεογράφων που θα πωληθούν. Στη συνέχεια ακολουθούν περιορισμοί που έχουν να κάνουν με το ύψος των χορηγούμενων δανείων, το επίπεδο των καταθέσεων και την ικανοποίηση της λογιστικής ισότητας ότι το Ενεργητικό = Παθητικό + Ίδια Κεφάλαια (περιορισμός  $R^i + STS^i + LTS^i + L = D^i + E^i$ ).

Εν κατακλείδι, όπως ήδη έχουμε αναφέρει παραπάνω, οι Booth και Koneos ανέπτυξαν ένα

μαθηματικό μοντέλο προγραμματισμού στο οποίο ενσωμάτωσαν τόσο την διαδικασία βέλτιστης διαχείρισης των στοιχείων ενεργητικού και παθητικού ενός τραπεζικού ιδρύματος (ALM) όσο και την ανάπτυξη αποτελεσματικών στρατηγικών αντιστάθμισης κινδύνων (hedging). Το μοντέλο τους αποτελεί μια προέκταση του μοντέλου των Booth και Dash (1979). Ωστόσο μπορεί να αναπτυχθεί ακόμη παραπέρα με τη θεώρηση περισσότερων χρονικών περιόδων και οικονομικών σεναρίων, με την προσθήκη περισσότερων λογαριασμών ενεργητικού και παθητικού καθώς και την ανάπτυξη εναλλακτικών στρατηγικών αντιστάθμισης κινδύνου πέρα από την χρήση συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης (futures contracts). Ωστόσο, είναι χρήσιμο να τονισθεί ότι κάθε είδους τροποποίηση αυξάνει τον αριθμό των περιορισμών και μεταβλητών του μοντέλου έτσι ώστε ο αριθμός περιορισμών και μεταβλητών θα μπορούσαν να επεκταθούν τόσο πολύ με ορατό τον κίνδυνο το αποτέλεσμα του μοντέλου να είναι δύσκολο να ερμηνευθεί και να αξιοποιηθεί αποτελεσματικά από τον διαχειριστή του τραπεζικού χαρτοφυλακίου. Επίσης, βασική προϋπόθεση για την αποτελεσματικότητα του μοντέλου είναι το κατά πόσο τα απαιτούμενα δεδομένα εισαγωγής είναι σχετικά εφικτά να συγκεντρωθούν. Συνεπώς, το μοντέλο των Booth και Koneos θα ήταν χρήσιμο ως προς την ανάπτυξη στρατηγικών διαχείρισης τραπεζικών χαρτοφυλακίων καθώς παρέχει ένα μέσο για το τραπεζικό ίδρυμα να ερευνήσει την επίπτωση των εναλλακτικών οικονομικών σεναρίων και των εναλλακτικών στρατηγικών αντιστάθμισης κινδύνου. Τέλος, η επίλυση του μοντέλου αναδεικνύει ότι δεν υπάρχει μία μόνο σωστή στρατηγική καθώς το τι στρατηγική θα ακολουθήσει το πιστωτικό ίδρυμα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πρόβλεψη των ιθυνόντων για το ποιες μπορεί να είναι οι μελλοντικές οικονομικές συνθήκες.

### **3.2.7 Το μοντέλο των Kusy και Ziemba (1986)**

Οι Kusy και Ziemba ανέπτυξαν ένα πολυπεριοδικό στοχαστικό γραμμικό μοντέλο (multiperiod stochastic linear program with simple recourse) για τη διαμόρφωση της σύνθεσης των στοιχείων του ενεργητικού και παθητικού τραπεζών έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη διαχείριση του ενεργητικού και παθητικού και η βέλτιστη εξισορρόπηση μεταξύ κερδοφορίας και ρευστότητας.

Το στοχαστικό αυτό μοντέλο εφαρμόστηκε για μια περίοδο πέντε ετών στο πιστωτικό ίδρυμα Vancouver City Savings Credit Union. Στόχος του μοντέλου ήταν η μεγιστοποίηση της καθαρής παρούσας αξίας των κερδών του πιστωτικού ιδρύματος μείον τα αναμενόμενα κόστη κυρώσεων - ποινών λόγω παραβιάσεων των περιορισμών που έχουν να κάνουν με νομικές, χρηματοοικονομικές και τραπεζικές θεωρήσεις και πολιτικές. Συγκεκριμένα, το μοντέλο υπόκειται σε μια σειρά από περιορισμούς, οι σημαντικότεροι εκ των οποίων είναι οι εξής:

- Νομικοί, όπως ορίζονται από τις κυβερνητικές νομοθεσίες, δηλαδή το ενεργητικό δεν πρέπει να είναι λιγότερο από το 10% του συνολικού παθητικού (απόφαση της Credit Union Act – British Columbia Government).
- Προϋπολογισμού, σύμφωνα με τους οποίους οι πηγές και χρήσεις κεφαλαίων πρέπει να είναι ίσες σε κάθε περίοδο.
- Ρευστότητας και μόχλευσης, σύμφωνα με τους οποίους η τιμή αγοράς του ενεργητικού της τράπεζας πρέπει να είναι αρκετή ώστε να καλύψει τις αποσύρσεις καταθέσεων και όχι λιγότερη από τα ρευστοποιήσιμα αποθέματα και τις υποχρεώσεις.
- Πολιτικής, οι οποίοι περιλαμβάνουν τη σχέση μεταξύ του κόστους κυρώσεων και του σημείου αθετήσεων της τραπεζικής πολιτικής.
- Καταθέσεων, όπου λαμβάνεται υπόψη η καθαρή ταμειακή ροή κατά τη διάρκεια της λογιστικής περιόδου, εφόσον οι καταθέσεις διαφοροποιούνται ανάλογα με τις μεταβολές των επιτοκίων.

Στο σημείο αυτό, πριν προχωρήσουμε στην μαθηματική διατύπωση και ανάλυση της αντικειμενικής συνάρτησης και των περιορισμών του μοντέλου των Kusy και Ziemba, είναι απαραίτητο για την καλύτερη κατανόηση του η περιγραφή των μεταβλητών και των παραμέτρων του. Αναλυτικά οι μεταβλητές και οι παράμετροι του μοντέλου παρατίθενται ακολούθως ως εξής:

$x_{ij}^k$  = το ποσό του περιουσιακού στοιχείου k που αγοράστηκε την περίοδο i και πωλήθηκε την περίοδο j όπου  $k=1,\dots,K$ ,  $i=0,\dots,n-1$ ,  $j=i+1,\dots,n$

$x_{00}^k$  = αρχικές διακρατήσεις του χρεογράφου k

$x_{i\infty}^k$  = το ποσό του χρεογράφου k που αγοράστηκε την περίοδο i και θα διακρατηθεί πέρα από τον χρονικό ορίζοντα του μοντέλου

$y_i^d$  = νέες καταθέσεις τύπου d την περίοδο i όπου  $d=1,\dots,D$

$y_0^d$  = αρχικές καταθέσεις τύπου d

$b_i$  = κεφάλαια που δανείστηκε το τραπεζικό ίδρυμα την περίοδο  $i$

$y_{js}^+$  = έλλειμμα την περίοδο  $j$  για τον στοχαστικό περιορισμό  $s$

$y_{js}^-$  = πλεόνασμα την περίοδο  $j$  για τον στοχαστικό περιορισμό  $s$

$p_{js}^+$  = αναλογική ποινή σε σχέση με το  $y_{js}^+$

$p_{js}^-$  = αναλογική ποινή σε σχέση με το  $y_{js}^-$

$\beta_{ij}^k$  = παράμετρος μείωσης, κάτω από κανονικές οικονομικές συνθήκες, την περίοδο  $j$  του περιουσιακού στοιχείου τύπου  $k$  που αγοράστηκε την περίοδο  $i$

$a_{ij}^k$  = παράμετρος μείωσης, κάτω από δυσμενείς οικονομικές συνθήκες, την περίοδο  $j$  του περιουσιακού στοιχείου τύπου  $k$  που αγοράστηκε την περίοδο  $i$

$t_i^k$  = το αναλογικό συναλλακτικό κόστος για το περιουσιακό στοιχείο  $k$ , το οποίο είτε αγοράστηκε είτε πωλήθηκε την περίοδο  $i$

$r_i^k$  = η απόδοση του περιουσιακού στοιχείου  $k$  το οποίο αγοράστηκε την περίοδο  $i$

$T_j$  = ο φορολογικός συντελεστής των κεφαλαιακών κερδών (ζημιών) την περίοδο  $j$

$\tau_j$  = ο φορολογικός συντελεστής του εισοδήματος την περίοδο  $j$

$z_{ij}^k$  = το αναλογικό κεφαλαιακό κέρδος (ζημιά) του χρεογράφου  $k$  που αγοράστηκε την περίοδο  $i$  και πωλήθηκε την περίοδο  $j$

$\gamma_d$  = το προβλεπόμενο κλάσμα καταθέσεων τύπου  $d$  που αποσύρθηκαν κάτω από δυσμενείς οικονομικές συνθήκες

$c_i^d$  = επιτόκιο πληρωμένο για τις καταθέσεις τύπου  $d$

$p_i$  = το επιτόκιο προεξόφλησης από την περίοδο  $i$  έως την περίοδο  $0$

$K_0$  = πλήθος πιθανών περιουσιακών στοιχείων όπως ορίζονται από την British Columbia Credit Union Act.

$K_1$  = πλήθος πρωτεύοντων και δευτερευόντων περιουσιακών στοιχείων όπως ορίζονται από τον τύπο της κεφαλαιακής επάρκειας

$K_2$  = πλήθος ελάχιστων επικίνδυνων περιουσιακών στοιχείων όπως ορίζονται από τον τύπο της κεφαλαιακής επάρκειας.

$K_3$  = πλήθος ενδιάμεσων επικίνδυνων περιουσιακών στοιχείων όπως ορίζονται από τον τύπο της κεφαλαιακής επάρκειας.

$q_i$  = επιτόκιο ποινής για δυνητικές αποσύρσεις κεφαλαίων την περίοδο  $i$ , οι οποίες δεν καλύφθηκαν από τα περιουσιακά στοιχεία στην  $K_1 \sqcup \dots \sqcup K_3$

$P_i$ =αποθέματα ρευστότητας για δυνητικές αποσύρσεις κεφαλαίων την περίοδο  $i$ , οι οποίες δεν καλύφθηκαν από τα περιουσιακά στοιχεία στην  $K_1 \sqcup \dots \sqcup K_3$

$k_{mi}=m_i$ th υποθήκη

$\xi_{is}$ = διακριτή τυχαία μεταβλητή την περίοδο  $i$  για το στοχαστικό περιορισμό  $s$ ,  $s \in S$  όπου  $S$  είναι το πλήθος των στοχαστικών περιορισμών.

Αφού περιγράψαμε ανωτέρω τις μεταβλητές και τις παραμέτρους του μοντέλου των Kusy και Ziemba θα προχωρήσουμε στην μαθηματική απεικόνιση της αντικειμενικής συνάρτησης του μοντέλου καθώς και των περιορισμών που την διέπουν. Συνεπώς, η αντικειμενική συνάρτηση του μοντέλου διατυπώνεται μαθηματικά ως εξής:

$$\begin{aligned} & \text{maximize } \sum_{k=1}^K [\sum_{j=2}^n x_{oj}^k \{ \sum_{l=2}^j r_0^k (1-\tau_l) p_l + z_{oj}^k (1-T_j) p_j \} + x_{o1}^k z_{o1} (1-T_j) \\ & + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n x_{ij}^k \{ \sum_{l=i+1}^j r_i^k (1-\tau_l) p_l + z_{ij}^k (1-T_j) p_j \} \\ & + x_{o\infty}^k \sum_{l=2}^n r_0^k (1-T_l) p_l ] + \sum_{j=ri}^n \sum_{l=i+1}^n x_{i\infty}^k r_i^k (1-\tau_l) p_l \\ & - \sum_{d=1}^{i-1} [ \sum_{j=1}^i \gamma_0^d (1-\gamma_d/2) (1-\gamma_d)^{j-1} c_j^d p_j + \sum_{j=1}^n 1/2 \gamma_j^d c_j^d p_j \\ & + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} \gamma_i^d (1-\gamma_d/2) (1-\gamma_d)^{j-i} c_j^d p_j ] - b_0 c_0^b p_l - \sum_{j=1}^n b_j c_j^b p_{j+1} \\ & - E_{\xi} \min_{y^+ y^-} \sum_{j=1}^n \sum_{s \in S} p_{js}^+ y_{js}^+ + p_{js}^- y_{js}^- \end{aligned}$$

υποκείμενη στους εξής περιορισμούς:

(1) Νομικοί Περιορισμοί

$$\sum_{k \in K_0} \sum_{i=0}^l \{ \sum_{l=2}^n x_{il}^k + x_{i\infty}^k \} - 0.1 [ \sum_{d=1}^D \gamma_0^d + (1-\gamma_d) \gamma_0^d / 2 + \gamma_1^d / 2 + b_0 + b_1 ] \geq 0, \quad j=1$$

$$\sum_{k \in K_0} \sum_{i=0}^j \{ \sum_{l=j+1}^n x_{il}^k + x_{i\infty}^k \} - 0.1 [ \sum_{d=1}^D \{ \sum_{i=0}^{j-1} \gamma_1^d + (1-\gamma_d) \gamma_0^d / 2 (1-\gamma_d)^{j-i-1} + \gamma_1^d / 2 \} ]$$

$$+ b_j] \geq 0, j=2, \dots, n$$

(2) Περιορισμοί Προϋπολογισμού

i) Αρχικές διακρατήσεις

$$\sum_{j=1}^n x_{0j}^k + x_{0\infty}^k = x_{00}^k, k=1, \dots, K$$

$$y_0^d = y_{00}^d, d=1, \dots, D$$

ii) Πηγές και χρήσεις κεφαλαίου

$$(a) \sum_{k=1}^K [ \sum_{l=2}^n \{ x_{1l}^k + x_{1\infty}^k \} \{ 1+t_1^k - x_{o1}^k \{ 1+ z_{o1}^k(1-T_1) - t_1^k (1+ z_{o1}^k) \} \} ] +$$

$$\sum_{d=1}^D [ \gamma_d y_0^d - y_1^d / 2 ] - b_1 = 0, j=1$$

$$(b) \sum_{k=1}^K \{ \sum_{l=j+1}^n x_{jl}^k + x_{j\infty}^k \} \{ 1+t_j^k \} - \sum_{i=0}^{j-1} [ \{ \sum_{l=j}^n x_{il}^k + x_{j\infty}^k \} \{ r_i^k (1-\gamma_j) \} +$$

$$x_{ij}^k \{ 1+ z_{ij}^k(1-T_j) - t_j^k (1+ z_{ij}^k) \} ] - \sum_{d=1}^D [ \sum_{i=0}^{j-2} \gamma_i^d (1-\gamma_d)^{j-i-2} \{ (-\gamma_d) (1-\gamma_d/2) \} +$$

$$(1-\gamma_d) y_{j-1}^d / 2 + y_j^d / 2 - (1-\gamma_d/2) c_{j-1}^d - y_{j-1}^d c_{j-1}^d / 2 ] + b_{j-1} (1+c_{j-1}^b) - b_j = 0, j=2, \dots, n$$

(3) Περιορισμοί Ρευστότητας

$$i) -\sum_{k \in K} \sum_{i=0}^j [ \sum_{l=j+1}^n x_{il}^k a_{ij}^k + x_{i\infty}^k a_{ij}^k ] + b_j + \sum_{d=1}^D \gamma_d [ \sum_{i=0}^d \gamma_i^d (1-\gamma_d)^{j-i-1} (1-\gamma_d/2) + \gamma_j^d / 2 ]$$

$$\leq P_{1j} / q_{ij}$$

$$ii) -\sum_{k \in K1 \cup K2} \sum_{i=0}^j [ \sum_{l=j+1}^n x_{il}^k a_{ij}^k + x_{i\infty}^k a_{ij}^k ] + b_j + \sum_{d=1}^D \gamma_d [ \sum_{i=0}^d \gamma_i^d (1-\gamma_d)^{j-i-1} (1-\gamma_d/2) +$$

$$\gamma_j^d / 2 ] \leq P_{2j} / q_{ij}$$

$$\text{iii) } -\sum_{k \in K} \sum_{l=1}^j [ \sum_{i=0}^n x_{il}^k a_{ij}^k + x_{i\infty}^k a_{ij}^k ] + b_j + \sum_{d=1}^D \gamma_d [ \sum_{i=0}^d \gamma_i^d (1-\gamma_d)^{j-i-1} (1-\gamma_d/2) + \gamma_j^d / 2 ] \leq P_{3j} / q_{ij}$$

$$\text{iv) } -\sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^j [ \sum_{l=j+1}^n (1 - \beta_{ij}^k) x_{il}^k + (1-\beta_{ij}^k) x_{i\infty}^k ] + y_{js}^+ - y_{js}^- \geq P_{1j} + P_{2j} + P_{3j} + b_j + \sum_{d=1}^D [ \sum_{i=0}^{j-1} \gamma_i^d (1 - \gamma_d)^{j-i-1} (1-\gamma_d/2) + \gamma_j^d / 2 ] + \xi_{js}, j=1, \dots, n, s \in S$$

#### (4) Περιορισμοί Πολιτικής

$$-0.1 \sum_{i=0}^j [ \sum_{l=j+1}^n x_{il}^{k_{m1}} + x_{i\infty}^{k_{m1}} ] + \sum_{i=0}^j [ \sum_{l=j+1}^n x_{il}^{k_{m2}} + x_{i\infty}^{k_{m2}} ] + y_{js}^+ - y_{js}^- \leq \xi_{js}, j=1, \dots, n, s \in S$$

#### (5) Περιορισμοί Καταθέσεων

$$y_j^d + \sum_{i=0}^{j-1} \gamma_i^d (1-\gamma_d)^{j-i} + y_{js}^+ - y_{js}^- = \gamma_{is}, j=1, \dots, n, d=1, \dots, D, s \in S$$

$$(6) x_{ij}^k, b_i, y_i^d, y_{js}^+, y_{js}^- \geq 0$$

Συνεπώς, με βάση την ανωτέρω μαθηματική διατύπωση, ο στόχος της αντικειμενικής συνάρτησης του μοντέλου των Kusy και Ziemba είναι η μεγιστοποίηση των προεξοφλημένων αποδόσεων και κεφαλαιακών κερδών (μετά φόρων) των περιουσιακών στοιχείων μείον τα καθαρά προεξοφλημένα κόστη των καταθέσεων μείον τα κόστος δανεισμού από την διατραπεζική αγορά μείον τα αναμενόμενα κόστη των ποινών λόγω παραβιάσεων των περιορισμών του μοντέλου. Επιπλέον, οι δύο πρώτοι περιορισμοί του μοντέλου (νομικοί και προϋπολογισμού) είναι ντετερμινιστικοί ενώ οι υπόλοιποι περιορισμοί που έχουν να κάνουν με την ρευστότητα, τις καταθέσεις και τις πολιτικές των τραπεζικών στελεχών είναι στοχαστικοί.



### **3.2.8 Το μοντέλο των Oguzsoy και Guven (1997)**

Οι Oguzsoy και Guven βασισμένοι στην ντετερμινιστική μελέτη του Persentili (1992) ανέπτυξαν ένα στοχαστικό γραμμικό μοντέλο πολλαπλών περιόδων (multiperiod stochastic linear simple recourse model) για τη διαχείριση των στοιχείων του ενεργητικού και παθητικού τραπεζών έτσι ώστε να διασφαλίζεται η κερδοφορία, η αποτελεσματική αντιμετώπιση των κινδύνων και η βέλτιστη εξισορρόπηση μεταξύ των διαφόρων πηγών και χρήσεων των κεφαλαίων έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις ρευστότητας καθώς και οι νομικές και τραπεζικές θεωρήσεις και πολιτικές. Οποιοσδήποτε αλλαγές του ισχύοντος κανονιστικού πλαισίου, των τραπεζικών πολιτικών και μεταβολών του οικονομικού περιβάλλοντος μπορούν να συμπεριληφθούν και να εκτιμηθούν αποτελεσματικά από το στοχαστικό αυτό μοντέλο. Το μοντέλο αυτό εφαρμόστηκε σε ένα δείγμα τουρκικών τραπεζών για μια περίοδο τεσσάρων ετών (1987–1990). Στόχος του μοντέλου ήταν η μεγιστοποίηση της καθαρής παρούσας αξίας των μηνιαίων κερδών του πιστωτικού ιδρύματος μείον τα αναμενόμενα κόστη ποινών λόγω παραβιάσεων μιας σειράς περιορισμών (νομικοί, ρευστότητας, κεφαλαιακής επάρκειας, προϋπολογισμού, καταθέσεων, ισολογισμού και τραπεζικής πολιτικής). Επιπροσθέτως, το μοντέλο είναι κατασκευασμένο έτσι ώστε να θεωρεί το επίπεδο των καταθέσεων, την ρευστότητα και τα συνολικά αποθέματα ως διακριτές τυχαίες μεταβλητές ενώ τις αποδόσεις των επενδύσεων και το κόστος δανεισμού ως ντετερμινιστικές.

Επιπλέον, το στοχαστικό μοντέλο των Oguzsoy και Guven υπόκειται σε μια σειρά από υποθέσεις. Οι βασικές υποθέσεις του μοντέλου απαριθμούνται ως ακολούθως:

- Τα βραχυπρόθεσμα δάνεια έχουν διάρκεια ένα έτος. Το κεφάλαιο επιστρέφεται στη λήξη και οι τόκοι του δανείου καταβάλλονται τέσσερις φορές μες το έτος τον Μάρτιο, Ιούνιο, Σεπτέμβριο και Δεκέμβριο.

- Τα μεσοπρόθεσμα δάνεια έχουν διάρκεια πέντε έτη. Τα δύο πρώτα χρόνια καταβάλλονται μόνο οι τόκοι και τα επόμενα τρία έτη καταβάλλεται τόσο κεφάλαιο όσο και τόκοι. Το κεφάλαιο αποπληρώνεται σε επτά εξαμηνιαίες δόσεις και οι τόκοι καταβάλλονται κατά τους μήνες εκτοκισμού δηλαδή Μάρτιο, Ιούνιο, Σεπτέμβριο και Δεκέμβριο.

- Οι επενδύσεις σε χρεόγραφα είναι τεσσάρων διαφορετικών λήξεων δηλαδή τριών, έξι, εννέα και δώδεκα μηνών.

- Οι προθεσμίες είναι διάρκειας ενός, τριών, έξι και δώδεκα μηνών.

-Οι καταθέσεις στην κεντρική τράπεζα και ο δανεισμός από την διατραπεζική λαμβάνονται ως παράμετροι καθώς η ληκτότητα τους είναι πολύ μικρή η οποία κυμαίνεται από ένα βράδυ έως και μια βδομάδα.

-Οι λογαριασμοί συναλλάγματος καθορίζονται αυστηρά από την κεντρική τράπεζα.

-Ο χρονικός ορίζοντας του μοντέλου είναι τα τέσσερα έτη ενώ η χρονική περίοδος που λαμβάνεται για την ανάλυση είναι ο μήνας.

-Στην αρχική περίοδο (έτος 1987) οι διάφορες κατηγορίες καταθέσεων (διαφορετικών λήξεων) λαμβάνουν σταθερές τιμές χρησιμοποιώντας ως μέσο μετατροπής τον δείκτη State Institute of Statistics Wholesale Price Index Series.

-Υπάρχουν συμμετρικά κόστη ποινών (penalty rate=1.635 το οποίο καθορίζεται από την Κεντρική Τράπεζα) και συμμετρικές πιθανότητες.

-Αναπτύσσονται τρία διαφορετικά σενάρια (αισιόδοξο, κανονικό, πεσιμιστικό) για το επίπεδο των καταθέσεων με αντίστοιχες πιθανότητες P (0.29,0.38,0.33) οι οποίες παραμένουν ίδιες και τα τέσσερα έτη.

Πριν προχωρήσουμε στην μαθηματική διατύπωση του μοντέλου των Oguzsoy και Guven κρίνεται απαραίτητο για την καλύτερη κατανόηση του η περιγραφή των μεταβλητών και των παραμέτρων του.

Οι μεταβλητές και οι παράμετροι του μοντέλου αναλύονται ακολούθως ως εξής:

#### Μεταβλητές Απόφασης

$X_{1t}$  = νέα βραχυπρόθεσμα δάνεια την περίοδο t

$X_{2t}$  = νέα μεσοπρόθεσμα δάνεια την περίοδο t

$X_{3mt}$  = νέες επενδύσεις σε χρεόγραφα λήξεως m την περίοδο t

$X_{4t}$  = νέες συμμετοχές την περίοδο t

#### Σταθερές

$CONINC_{ct}$  = εισόδημα από τραπεζικές υπηρεσίες (c=1), από δάνεια(c=2), χρηματιστήριο (c=3) την περίοδο t.

$CONEXP_{ct}$  = μισθοί και επιδόματα (c=1), φόροι (c=2), προμήθειες (c=3), άλλα λειτουργικά έξοδα (c=4), έξοδα απομείωσης δανείων και λοιπόν απαιτήσεων (c=5) την περίοδο t.

$FA_y$  = περιουσιακά στοιχεία σταθερού εισοδήματος στο τέλος του έτους y.

Παράμετροι που έχουν σχέση με το επιτόκιο προεξόφλησης

$DISCR_t$  = προεξοφλητικός παράγοντας για την περίοδο  $t$  (υπολογίζεται βάσει του Wholesale Price Index Series).

Παράμετροι που έχουν σχέση με τις καταθέσεις

$DK_{jt}$  = το ύψος των καταθέσεων δημόσιων επιχειρήσεων και οργανισμών ( $k=2$ ), επιχειρηματικές καταθέσεις ( $k=3$ ), καταθέσεις πιστωτικών ιδρυμάτων ( $k=4$ ), λήξεως  $j$  την περίοδο  $t$ .

$FK_{jt}$  = το ετήσιο επιτόκιο των πιστοποιητικών καταθέσεων, των αποταμιεύσεων και όλων των καταθέσεων πρώτης ζήτησης ( $k=1$ ), των καταθέσεων δημόσιων πιστωτικών ιδρυμάτων ( $k=2$ ), επιχειρηματικών καταθέσεων ( $k=3$ ), άλλων καταθέσεων πιστωτικών ιδρυμάτων ( $k=4$ ), λήξεως  $j$  την περίοδο  $t$ .

$SHARES_t$  = ο τόκος των καταθέσεων πρώτης ζήτησης ( $s=1$ ), ενός μήνα ( $s=2$ ), τριών μηνών ( $s=3$ ), έξι μηνών ( $s=4$ ), ενός έτους ( $m=5$ ) αποταμιεύσεις και πιστοποιητικά καταθέσεων την περίοδο  $t$ .

$A_{jp}$  = η πιθανότητα απόσυρσης των καταθέσεων λήξεως  $j$  τον  $p^{th}$  μήνα όπου  $p \leq$  ημερομηνία λήξεως.

Παράμετροι που έχουν σχέση με τον δανεισμό

$B_t$  = το ποσό δανεισμού από την κεντρική τράπεζα την περίοδο  $t$ .

$BSMALL_t$  = το μοναδιαίο επιτόκιο δανεισμού από την κεντρική τράπεζα την περίοδο  $t$ .

$OBORROW_y$  = το συνολικό ύψος δανεισμού της τράπεζας στο τέλος του έτους  $y$ .

Παράμετροι που έχουν σχέση με νομικές απαιτήσεις

$RATTRES_{jt}$  = ο δείκτης των απαιτήσεων σε αποθέματα για καταθέσεις λήξεως  $j$  την περίοδο  $t$ .

$RATLIQ1_t$  = ο δείκτης πρώτης ρευστότητας την περίοδο t.

$RATLIQ2_t$  = ο δείκτης δεύτερης ρευστότητας την περίοδο t.

Παράμετροι που έχουν σχέση με τις επενδύσεις

$RRL_{it}$  = το ετήσιο επιτόκιο των βραχυπρόθεσμων (i=1), των μεσοπρόθεσμων (i=2) δανείων την περίοδο t.

$RRs_{mt}$  = η ετήσια απόδοση των χρεογράφων λήξεως m την περίοδο t.

RRP = η ετήσια μέση απόδοση των συμμετοχών.

$AVRETSEC_y$  = η ετήσια μέση απόδοση των χρεογράφων την περίοδο t.

$ALPHA_q$  = η πιθανότητα αποπληρωμής των βραχυπρόθεσμων δανείων τον  $q^{th}$  μήνα πριν τη λήξη,  $q < 12$  (σημείωση  $\sum_{q=1}^{11} A_q \leq 1 - \sum_{p=1}^3 IS_p$ ) ενώ τα δάνεια σε καθυστέρηση δεν αποπληρώνονται νωρίτερα.

$COM_i$  = η προμήθεια που πληρώνεται από τον οφειλέτη για βραχυπρόθεσμα (i=1) και μεσοπρόθεσμα (i=2) δάνεια.

$IS_p$  = η πιθανότητα βραχυπρόθεσμα (i=1) δάνεια να μετατραπούν σε δάνεια σε καθυστέρηση την  $p^{th}$  περίοδο πληρωμής τόκων.

$IM_p$  = η πιθανότητα μεσοπρόθεσμα (i=2) δάνεια να μετατραπούν σε δάνεια σε καθυστέρηση την  $p^{th}$  περίοδο πληρωμής τόκων.

RATIO1 = τα κεφάλαια που επενδύονται σε χρεόγραφα δεν μπορούν να είναι λιγότερα του 30% των κεφαλαίων που δίνονται για δάνεια.

RATIO2 = τα δάνεια που χορηγούνται δεν μπορούν να είναι μικρότερα του 40% των καταθέσεων.

RATIO3 = τα δάνεια που χορηγούνται δεν μπορούν να υπερβαίνουν το 70% των καταθέσεων για τα έτη 1987, 1988, 1990 και το 60% των καταθέσεων για το έτος 1989.

RATIO4 = τα μεσοπρόθεσμα δάνεια δεν μπορούν να υπερβαίνουν το 50% των βραχυπρόθεσμων δανείων.

#### Μεταβλητές

$CASH_t$  = το ποσό των μετρητών στο τέλος της περιόδου  $t$ .

$PROFIT_y$  = το ετήσιο κέρδος το έτος  $y$ .

$RESERVEF_y$  = τα αποθέματα στο τέλος της περιόδου  $t$ .

$INFUND_{in,t}$  = έσοδα τοκοφόρων ( $in=1$ ) και μη τοκοφόρων κεφαλαίων ( $in=2$ ) της περιόδου  $t$ .

$EXPFUND_{in,t}$  = έξοδα τοκοφόρων ( $in=1$ ) και μη τοκοφόρων κεφαλαίων ( $in=2$ ) της περιόδου  $t$ .

$INLOAN_{it}$  = έσοδα τόκων βραχυπρόθεσμων ( $i=1$ ) και μεσοπρόθεσμων ( $i=2$ ) δανείων την περίοδο  $t$ .

$INSEC_t$  = έσοδα τόκων των χρεογράφων την περίοδο  $t$ .

$LRT_{1t}$  = βραχυπρόθεσμα δάνεια που αποπληρώθηκαν την περίοδο  $t$ .

$LRT_{2t}$  = πληρωμή των δόσεων των μεσοπρόθεσμων δανείων την περίοδο  $t$ .

$TRR_t$  = το συνολικό ποσό κεφαλαίων που κατατέθηκε στην κεντρική τράπεζα για να ικανοποιήσει τις συνολικές απαιτήσεις σε αποθέματα την περίοδο  $t$ .

$Y1_t$  = οι εισροές καταθέσεων της κατηγορίας 1 την περίοδο  $t$ .

$Yk_{jt}$  = νέες καταθέσεις δημόσιων πιστωτικών ιδρυμάτων ( $k=2$ ), νέες επιχειρηματικές καταθέσεις ( $k=3$ ) και νέες άλλες καταθέσεις πιστωτικών ιδρυμάτων ( $k=4$ ), λήξεως  $j$  την περίοδο  $t$ .

$OCAPITAL_y$  = το μετοχικό κεφάλαιο στο τέλος του έτους  $y$ .

$O_{it}$  = τα βραχυπρόθεσμα δάνεια ( $i=1$ ), τα μεσοπρόθεσμα δάνεια ( $i=2$ ), τα χρεόγραφα ( $i=3$ ) και οι συμμετοχές ( $i=4$ ) την περίοδο  $t$ .

### Στοχαστικές Μεταβλητές

$D1_{ts}$  = διακριτή τυχαία μεταβλητή για τις καταθέσεις της κατηγορίας 1 δηλαδή (καταθέσεις πρώτης ζήτησης, πιστοποιητικά καταθέσεων) την χρονική περίοδο  $t$  για το στοχαστικό περιορισμό  $s$ ,  $s \in S$  όπου  $S$  είναι το πλήθος των στοχαστικών περιορισμών.

$TRESREQ_{ts}$  = διακριτή τυχαία μεταβλητή για τις συνολικές απαιτήσεις σε αποθέματα την χρονική περίοδο  $t$  για το στοχαστικό περιορισμό  $s$ ,  $s \in S$  όπου  $S$  είναι το πλήθος των στοχαστικών περιορισμών.

$REQLIQ1_{ts}$  = διακριτή τυχαία μεταβλητή για την πρώτη απαίτηση ρευστότητας την χρονική περίοδο  $t$  για το στοχαστικό περιορισμό  $s$ ,  $s \in S$  όπου  $S$  είναι το πλήθος των στοχαστικών περιορισμών.

$REQLIQ2_{ts}$  = διακριτή τυχαία μεταβλητή για την δεύτερη απαίτηση ρευστότητας την χρονική περίοδο  $t$  για το στοχαστικό περιορισμό  $s$ ,  $s \in S$  όπου  $S$  είναι το πλήθος των στοχαστικών περιορισμών.

$PROB(D1_{ts})$  = η πιθανότητα να συμβεί ένα συγκεκριμένο δυνατό αποτέλεσμα για το στοχαστικό περιορισμό  $s$ ,  $s \in S$  όπου  $S$  είναι το πλήθος των στοχαστικών περιορισμών.

Μεταβλητές που σχετίζονται με τις ποινές λόγω των παραβιάσεων των περιορισμών που διέπουν την αντικειμενική συνάρτηση

$STOC1PL_{ts}$  = έλλειμμα στα ταμειακά διαθέσιμα την περίοδο  $t$  για το στοχαστικό περιορισμό  $s$  (παραβίαση της πρώτης απαίτησης ρευστότητας).

$PEN1PL_{ts}$  = ποινή που σχετίζεται με την ανωτέρω παραβίαση.

$STOC2PL_{ts}$  = έλλειμμα στα χρεόγραφα την περίοδο  $t$  για το στοχαστικό περιορισμό  $s$  (παραβίαση της δεύτερης απαίτησης ρευστότητας).

$PEN2PL_{ts}$  = ποινή που σχετίζεται με την ανωτέρω παραβίαση.

$STOC2MI_{ts}$  = πλεόνασμα στα χρεόγραφα την περίοδο  $t$  για το στοχαστικό περιορισμό  $s$ .

$PEN2MI_{ts}$  = ποινή που σχετίζεται με την ανωτέρω παραβίαση.

$STOC7PL_{ts}$  = έλλειμμα στο ποσό των συνολικών αποθεμάτων την περίοδο  $t$  για το στοχαστικό περιορισμό  $s$  (παραβίαση της απαίτησης των συνολικών αποθεμάτων).

$PEN7PL_{ts}$  = ποινή που σχετίζεται με την ανωτέρω παραβίαση.

$STOC3PL_{ts}$  = έλλειμμα στο ποσό των δανείων την περίοδο  $t$  για το στοχαστικό περιορισμό  $s$  (το ποσό των δανείων είναι μικρότερο από το  $RATIO2$  % των καταθέσεων για το στοχαστικό περιορισμό  $s$ ).

$PEN3PL_{ts}$  = ποινή που σχετίζεται με την ανωτέρω παραβίαση.

$STOC4MI_{ts}$  = πλεόνασμα στο ποσό των δανείων την περίοδο  $t$  για το στοχαστικό περιορισμό  $s$  (το ποσό των δανείων είναι μεγαλύτερο από το  $RATIO3$  % των καταθέσεων για το στοχαστικό περιορισμό  $s$ ).

$PEN4MI_{ts}$  = ποινή που σχετίζεται με την ανωτέρω παραβίαση.

$STOC5PL_{ts}$  = έλλειμμα των στοχαστικών καταθέσεων για το στοχαστικό περιορισμό  $s$  την περίοδο  $t$ .

$PEN5PL_{ts}$  = ποινή που σχετίζεται με την ανωτέρω παραβίαση.

$STOC5MI_{ts}$  = πλεόνασμα των στοχαστικών καταθέσεων για το στοχαστικό περιορισμό  $s$  την περίοδο  $t$ .

$PEN5MI_{ts}$  = ποινή που σχετίζεται με την ανωτέρω παραβίαση.

$VIOLATE_y$  = έλλειμμα μετοχικού κεφαλαίου το έτος  $y$ .

$PEN6_y$  = ποινή που σχετίζεται με την ανωτέρω παραβίαση.

Στο σημείο αυτό, αφού περιγράψαμε τις μεταβλητές και τις παραμέτρους του μοντέλου θα προχωρήσουμε στην μαθηματική διατύπωση και ανάλυση της αντικειμενικής συνάρτησης καθώς και των περιορισμών που την διέπουν. Συνεπώς, η αντικειμενική συνάρτηση του μοντέλου διατυπώνεται μαθηματικά ως εξής:

---


$$\text{Maximize } \sum_{t=1}^T \sum_{in=1}^2 (INFUND_{in,t} - EXPFUND_{in,t}) * DISCR_t \quad (A)$$

$$+ \sum_{t=T+1}^{T+12} (INLOAN_{1t} - INCSEC_t - EXPFUND_{1t}) * DISCR_t +$$

$$+ \sum_{t=T+1}^{T+60} (INLOAN_{2t} * DISCR_t) \quad (B)$$

$$- \sum_{t=1}^T \sum_{x \in S} PROB(D1_{ts}) * (PEN1PL_{ts} * STOC1PL_{ts} + PEN2PL_{ts} * STOC2PL_{ts} +$$

$$+ PEN2MI_{ts} * STOC2MI_{ts} + PEN3PL_{ts} * STOC3PL_{ts} + PEN4MI_{ts} * STOC4MI_{ts} +$$

$$+ PEN5PL_{ts} * STOC5PL_{ts} + PEN5MI_{ts} * STOC5MI_{ts} + PEN7PL_{ts} * STOC7PL_{ts}) *$$



$$DISCR_t \} - \quad (C)$$

$$-\sum_{y=1}^Y PEN6_y * VIOLATE_y * DISCR_{12y} \} \quad (D)$$

Η ανωτέρω αντικειμενική συνάρτηση αποτελείται από τέσσερα βασικά μέρη. Στο πρώτο μέρος της αντικειμενικής συνάρτησης απεικονίζονται τα προεξοφλημένα μηνιαία κέρδη. Στο δεύτερο μέρος απεικονίζονται τα προεξοφλημένα ετήσια έσοδα τόκων από δάνεια και επενδύσεις σε χρεόγραφα μείον τα προεξοφλημένα ετήσια έξοδα τόκων από τις καταθέσεις κατά την διάρκεια του σχεδιασμένου χρονικού ορίζοντα του μοντέλου. Στο τρίτο μέρος της αντικειμενικής συνάρτησης απεικονίζονται τα προεξοφλημένα αναμενόμενα συνολικά κόστη κυρώσεων λόγω παραβίασεως των στοχαστικών περιορισμών. Στο τέταρτο και τελευταίο μέρος της αντικειμενικής συνάρτησης του μοντέλου των Oguzsoy και Guven απεικονίζονται τα κόστη κυρώσεων λόγω παραβίασεως του περιορισμού για την κεφαλαιακή επάρκεια.

Η βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης του μοντέλου των Oguzsoy και Guven υπόκειται σε μια σειρά από περιορισμούς. Οι σημαντικότεροι εκ των οποίων είναι οι εξής:

(1) Περιορισμοί Προϋπολογισμού

$$\begin{aligned} & \left\{ \sum_{k=1}^2 LRT_{kt} + \sum_{m=1}^3 \frac{X_{3m,t-m}}{1 + \frac{3-m}{12} RRS_{m,t-m}} + \sum_{m=4}^6 \frac{X_{3m,t-m}}{1 + \frac{6-m}{12} RRS_{m,t-m}} + \sum_{m=7}^9 \frac{X_{3m,t-m}}{1 + \frac{9-m}{12} RRS_{m,t-m}} \right. \\ & \left. + \sum_{m=10}^{12} \frac{X_{3m,t-m}}{1 + \frac{12-m}{12} RRS_{m,t-m}} + \sum_{i=1}^2 INLOAN_{it} + BSMALL_t * B_t + \right. \\ & \left. \frac{1}{12} AVRETSEC_y * RESERVEF_y + Y1_t + \sum_{j=2}^5 (Y2_{jt} + Y3_{jt} + Y4_{jt}) + CASH_{t-1} \right\} \\ & = \{ CASH_t + \sum_{k=1}^2 X_{kt} + \sum_{m=1}^3 \frac{X_{3mt}}{1 + \frac{3}{12} RRS_{3t}} + \sum_{m=4}^6 \frac{X_{3mt}}{1 + \frac{6}{12} RRS_{3t}} + \\ & + \sum_{m=7}^9 \frac{X_{3mt}}{1 + \frac{9}{12} RRS_{3t}} + \sum_{m=10}^{12} \frac{X_{3mt}}{1 + RRS_{3t}} + X_{4t} + SHARE1_{t-1} Y1_{t-1} A_{11} + \\ & SHARE2_{t-1} (Y1_{t-1} + Y2_{2,t-1} + Y3_{2,t-1} + Y4_{2,t-1}) (1 - A_{21}) + \\ & SHARE2_t (Y1_t + Y2_{2,t-1} + Y3_{2,t-1} + Y4_{2,t-1}) A_{21} + \\ & \sum_{h=1}^2 [SHARE3_{t-h} Y1_{t-h} A_{3h} + (Y2_{3,t-h} + Y3_{3,t-h} + Y4_{3,t-h}) A_{3h}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& +(SHARE3_{t-3}Y1_{t-3}) + (Y2_{3,t-3} + Y3_{3,t-3} + Y4_{3,t-3})(1-\sum_{h=1}^2 A_{3h}) \\
& + \sum_{h=1}^5 [SHARE4_{t-h}Y1_{t-h}A_{4h} + (Y2_{4,t-h} + Y3_{4,t-h} + Y4_{4,t-h}) A_{4h}] \\
& +(SHARE4_{t-6}Y1_{t-6}) + (Y2_{4,t-6} + Y3_{4,t-6} + Y4_{4,t-6})(1-\sum_{h=1}^5 A_{4h}) \\
& + \sum_{h=1}^{11} [SHARE5_{t-h}Y1_{t-h}A_{5h} + (Y2_{5,t-h} + Y3_{5,t-h} + Y4_{5,t-h}) A_{5h}] \\
& + (SHARE5_{t-12}Y1_{t-12}) + (Y2_{5,t-12} + Y3_{5,t-12} + Y4_{5,t-12}) * \\
& *(1-\sum_{h=1}^{11} A_{5h}) + (TRR_t - TRR_{t-1}) + \sum_{c=1}^4 CONEXP_c + EXPFUND_{1t} + \\
& + \sum_{t=3,15,27,39} 0.15 PROFIT_y), \text{ όπου}
\end{aligned}$$

y=0 εάν t=3, y=1 εάν t=15, y=2 εάν t=27, y=3 εάν t=29

Σύμφωνα με τον ανωτέρω περιορισμό κάθε περίοδο εξισώνονται οι πηγές και οι χρήσεις των κεφαλαίων και αποφασίζεται τι ποσό ταμειακών διαθεσίμων θα μεταφερθεί την επόμενη περίοδο. Αναλυτικότερα, οι ταμειακές εισροές στο τέλος της περιόδου t ισούνται με το άθροισμα του αποπληρωμένου κεφαλαίου των βραχυπρόθεσμων δανείων, τις πληρωμές των δόσεων των μεσοπρόθεσμων δανείων, τα έσοδα από την πώληση των χρεογράφων, τα έσοδα τόκων των βραχυπρόθεσμων και μεσοπρόθεσμων δανείων, το ποσό του διατραπεζικού δανεισμού, τα αποθεματικά, τις καταθέσεις όλων των κατηγοριών που συνέλεξε το πιστωτικό ίδρυμα την χρονική περίοδο t και τις πάσης φύσεως προμήθειες και έσοδα μη τοκοφόρων στοιχείων του ενεργητικού. Από την άλλη μεριά, οι ταμειακές εκροές στο τέλος της περιόδου t ισούνται με τα χορηγηθέντα δάνεια, τις αγορές χρεογράφων, τις επενδύσεις σε συμμετοχές, την πρόωρη απόσυρση καταθέσεων πριν την ημερομηνία λήξεως τους, τα έξοδα τόκων, τις προβλέψεις για καθυστερήσεις δανείων, τις απομειώσεις δανείων και λοιπόν απαιτήσεων, τις αποσβέσεις περιουσιακών στοιχείων, τα επιπρόσθετα κεφάλαια που απαιτούνται για την ικανοποίηση των περιορισμών ρευστότητας και κεφαλαιακής επάρκειας καθώς και την ικανοποίηση νομικών περιορισμών με την κατάθεση στην κεντρική τράπεζα κάθε Μάρτιο το 15% των κερδών της προηγούμενης περιόδου.

(2) Περιορισμοί Καταθέσεων

$$Y1_t + SHARE1_{t-1} Y1_{t-1} (1 - A_{11}) - SHARE2_t Y1_t A_{21} + \sum_{z=1}^2 SHARE3_{t-z} Y1_{t-z} (1 - \sum_{m=1}^z A_{3m}) \\ + \sum_{z=1}^5 SHARE4_{t-z} Y1_{t-z} (1 - \sum_{m=1}^z A_{4m}) + \sum_{z=1}^{11} SHARE5_{t-z} Y1_{t-z} (1 - \sum_{m=1}^z A_{5m}) + \\ STOC5PL_{ts} - STOC5MI_{ts} - D1_{ts}$$

Σύμφωνα με τον ανωτέρω στοχαστικό περιορισμό για τον καθορισμό των εισροών καταθέσεων λαμβάνονται υπ' όψιν όλες οι πιθανές κατηγορίες καταθέσεων καθώς και οι ποινές που σχετίζεται με την ύπαρξη πλεονάσματος ή ελλείμματος των στοχαστικών καταθέσεων για το στοχαστικό περιορισμό s την περίοδο t. Θα πρέπει να σημειωθεί πως σύμφωνα με το μοντέλο των Oguzsoy και Guven οι καταθέσεις των δημόσιων πιστωτικών ιδρυμάτων, οι ιδιωτικές και επιχειρηματικές καταθέσεις καθώς και άλλες καταθέσεις πιστωτικών ιδρυμάτων αποτελούν το 65% με το 75% των νέων καταθέσεων.

(3) Περιορισμοί Ισολογισμού

$$\{\sum_{k=1}^4 O_{k,12y} + CASH_{12y} + RESERVE_{y-1} + TRR_{12y} + FA_y\} = \\ \{\sum_{j=2}^5 D2_{j,12y} + D3_{j,12y} + D4_{j,12y} + OBORROW_{12y} + Y1_{12y} + SHARE1_{12y-1} Y1_{12y-1} (1 - A_{11}) - \\ SHARE2_{12y} Y1_{12y} A_{21} + \sum_{z=1}^2 SHARE3_{12y-1} Y1_{12y-1} (1 - \sum_{m=1}^z A_{3m}) + \sum_{z=1}^5 SHARE4_{12y-1} \\ Y1_{12y-1} (1 - \sum_{m=1}^z A_{4m}) + \sum_{z=1}^{11} SHARE5_{12y-1} * Y1_{12y-1} (1 - \sum_{m=1}^z A_{5m}) + OCAPITAL_y\}, \\ y=1, \dots, 4$$

Ο ανωτέρω περιορισμός απεικονίζει την ικανοποίηση της λογιστικής ισότητας ότι το Ενεργητικό = Παθητικό + Ίδια Κεφάλαια (Assets = Liabilities + Equity).

(4) Νομικοί Περιορισμοί όσον αφορά τις Συμμετοχές

$$O_{4t} \leq 0.15 (\sum_{k=1}^2 O_{kt})$$

Οι επενδύσεις σε συμμετοχές δεν μπορούν να υπερβαίνουν το 15% του ύψους των συνολικών δανείων.

(5) Περιορισμοί Ρευστότητας

$$CASH_t + STOC1PL_{ts} \geq REQLIQ1_{ts}$$

$$O_{3t} + STOC2PL_{ts} \geq REQLIQ2_{ts}$$

όπου,

$$REQLIQ1_{ts} = RATLIQ1_t \{D1_{ts} + \sum_{j=2}^5 (D2_{jt} + D3_{jt} + D4_{jt})\}$$

$$REQLIQ2_{ts} = RATLIQ2_t \{D1_{ts} + \sum_{j=2}^5 (D2_{jt} + D3_{jt} + D4_{jt})\}$$

Σύμφωνα με τον κανονισμό της Κεντρικής Τράπεζας της Τουρκίας όλα τα πιστωτικά ιδρύματα θα πρέπει να κρατούν ένα ποσοστό των καταθέσεων τους σε ρευστά διαθέσιμα για να ικανοποιούν την πρώτη απαίτηση ρευστότητας και ένα ποσοστό των καταθέσεων τους σε χρεόγραφα για να ικανοποιούν τη δεύτερη απαίτηση ρευστότητας. Τόσο ο δείκτης πρώτης ρευστότητας (RATLIQ1) όσο και ο δείκτης δεύτερης ρευστότητας (RATLIQ2) για την χρονική περίοδο t καθορίζονται βάσει των κατευθυντήριων γραμμών και του κανονιστικού πλαισίου που θέτει η Κεντρική Τράπεζα της Τουρκίας.

(6) Περιορισμοί για τις συνολικές απαιτήσεις σε αποθέματα

$$TRR_t + STOC7PL_{ts} \geq TRESREQ_{ts}$$

$$TRR_t \geq TRR_{t-1} \text{ όπου,}$$

$$TRESREQ_{ts} = SHARE1_{ts} D1_{ts} RATTRES_{1t} + SHARE2_t D1_{ts} RATTRES_{1t} +$$

$$SHARE3_t D1_{ts} RATTRES_{3t} + SHARE4_t D1_{ts} RATTRES_{4t} + \sum_{j=2}^5 (D2_{jt} + D3_{jt} + D4_{jt})^*$$

$$RATTRES_{jt}$$

Σύμφωνα με τον ανωτέρω περιορισμό τα πιστωτικά ιδρύματα που δραστηριοποιούνται στην Τουρκία οφείλουν να τηρούν υποχρεωτικές καταθέσεις στην Κεντρική Τράπεζα της Τουρκίας σε μορφή αποθεματικού ως εγγύηση για τους καταθέτες αλλά και ως εργαλείο άσκησης κυβερνητικής νομισματικής πολιτικής.

(7) Περιορισμοί για την κεφαλαιακή επάρκεια

$$OCAPITAL_y + VIOLATE_y \geq \sum_{k=1}^2 O_{k,12y} CAR, \quad y=1, \dots, 4$$

Σύμφωνα με τον ανωτέρω περιορισμό τα πιστωτικά ιδρύματα οφείλουν να τηρούν σε κάθε χρονική στιγμή επαρκή επίπεδα ιδίων κεφαλαίων έναντι των θέσεων τους σε στοιχεία Ενεργητικού τα οποία φέρουν κίνδυνο.

Συνεπώς, βάσει του κανονιστικού πλαισίου της Κεντρικής Τράπεζας της Τουρκίας τα ίδια κεφάλαια των τραπεζικών ιδρυμάτων στο τέλος του έτους  $y$  θα πρέπει να είναι μεγαλύτερα από το 15% των συνολικών ανοιγμάτων τους σε πάσης φύσεως δανείων.

(8) Περιορισμοί Πολιτικής

Οι περιορισμοί πολιτικής καθορίζουν την στρατηγική που θα ακολουθηθεί από το πιστωτικό ίδρυμα σε σχέση με την εξέλιξη των αγορών, την πολιτική τιμολόγησης νέων και υφιστάμενων υπηρεσιών, τη διάρθρωση του ισολογισμού κατά την επόμενη χρονική περίοδο, τον καθορισμό των ορίων ως προς τη σύνθεση των στοιχείων του ενεργητικού τα οποία επίσης θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τα επίπεδα κινδύνου και απόδοσης. Επιπλέον, οι περιορισμοί πολιτικής περιλαμβάνουν τη σχέση μεταξύ του κόστους κυρώσεων και του σημείου αθετήσεων της τραπεζικής πολιτικής. Σύμφωνα με το μοντέλο των Oguzsoy και Guven οι περιορισμοί πολιτικής διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία έχουμε τους περιορισμούς αναφορικά με τις επενδύσεις σε χρεόγραφα και στη δεύτερη κατηγορία τους περιορισμούς σχετικά με την χορήγηση των δανείων.

Αναλυτικά, η μαθηματική διατύπωση και η περιγραφή των ανωτέρω περιορισμών πολιτικής είναι η ακόλουθη:

A) Περιορισμοί Πολιτικής για τις επενδύσεις σε Χρεόγραφα

$$O_{3t} - STOC2MI_{ts} \leq RATE * REQLIQ2_{ts} \quad (I)$$

Σύμφωνα με τον παραπάνω στοχαστικό περιορισμό οι επενδύσεις σε χρεόγραφα θα πρέπει να ικανοποιούν την δεύτερη απαίτηση ρευστότητας όπου η παράμετρος RATE δίνεται ότι ισούται με 160%.

$$\sum_{m=1}^3 \frac{X_{3mt}}{1+\frac{3}{12}RRS_{3t}} = \sum_{m=4}^6 \frac{X_{3mt}}{1+\frac{6}{12}RRS_{6t}} + \sum_{m=7}^9 \frac{X_{3mt}}{1+\frac{9}{12}RRS_{9t}} = \sum_{m=10}^{12} \frac{X_{3mt}}{1+RRS_{12t}} \geq$$

$$RATIO1 * \sum_{k=1}^2 X_{kt} \quad (II)$$

Σύμφωνα με τον ανωτέρω περιορισμό τα κεφάλαια που επενδύονται σε νέα χρεόγραφα θα πρέπει να είναι τουλάχιστον το 30% των κεφαλαίων που δίνονται για νέα δάνεια σε κάθε περίοδο (RATIO1).

#### B) Περιορισμοί Πολιτικής για τις χορηγήσεις Δανείων

$$\sum_{k=1}^2 O_{kt} + STOC3PL_{ts} \geq RATIO2 \{D1_{ts} + \sum_{j=2}^5 (D2_{jt} + D3_{jt} + D4_{jt})\} \quad (I)$$

Σύμφωνα με τον ανωτέρω περιορισμό τα δάνεια που χορηγούνται θα πρέπει να είναι τουλάχιστον το 40% των καταθέσεων σε κάθε περίοδο (RATIO2).

$$\sum_{k=1}^2 O_{kt} - STOC4MI_{ts} \leq RATIO3 \{D1_{ts} + \sum_{j=2}^5 (D2_{jt} + D3_{jt} + D4_{jt})\} \quad (II)$$

Σύμφωνα με τον ανωτέρω περιορισμό τα δάνεια που χορηγούνται δεν μπορούν να υπερβαίνουν το 70% των καταθέσεων για τα έτη 1987, 1988, 1990 και το 60% των καταθέσεων για το έτος 1989 (RATIO3).

$$O_{2t} \leq RATIO4 * O_{1t} \quad (III)$$

Σύμφωνα με τον ανωτέρω περιορισμό τα μεσοπρόθεσμα δάνεια δεν μπορούν να υπερβαίνουν το 50% των βραχυπρόθεσμων δανείων (RATIO4).

Εν κατακλείδι, όπως ήδη έχουμε αναφέρει, οι Oguzsoy και Guven ανέπτυξαν ένα στοχαστικό γραμμικό μοντέλο πολλαπλών περιόδων (multiperiod stochastic linear simple recourse model) για τη βέλτιστη διαχείριση των στοιχείων του ενεργητικού και παθητικού τραπεζών έτσι ώστε να διασφαλίζεται η κερδοφορία και να ικανοποιούνται οι περιορισμοί ρευστότητας, κεφαλαιακής επάρκειας, προϋπολογισμού, καταθέσεων και τραπεζικής πολιτικής. Το μοντέλο τους εφαρμόστηκε για μια περίοδο τεσσάρων ετών σε ένα δείγμα τουρκικών τραπεζών θεωρώντας το επίπεδο των καταθέσεων, την ρευστότητα και τα συνολικά αποθέματα ως διακριτές τυχαίες μεταβλητές. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων του μοντέλου με τα πραγματικά αποτελέσματα των χρηματοοικονομικών καταστάσεων των τραπεζικών

ιδρυμάτων οδήγησε στο συμπέρασμα ότι το δείγμα των τουρκικών τραπεζών που αναλύθηκε ακολουθεί μια συντηρητική πολιτική όσον αφορά την διαχείριση του κινδύνου καθώς υπάρχει μια πασιφανής προτίμηση για χορήγηση βραχυπρόθεσμων έναντι μεσοπρόθεσμων δανείων. Επίσης, προτιμώνται οι επενδύσεις σε τρίμηνα χρεόγραφα τα οποία ρευστοποιούνται πριν την από τη λήξη τους συμβάλλοντας στην αύξηση της ρευστότητας και της κερδοφορίας. Τέλος, από την ανάλυση των περιορισμών του μοντέλου είναι φανερό πως οι περιορισμοί πολιτικής είναι οι πιο σημαντικοί καθώς έχουν το μεγαλύτερο αντίκτυπο στα αποτελέσματα των τραπεζικών ομίλων. Επιπλέον, τα δάνεια σε καθυστέρηση και η πρόωρη αποπληρωμή των δανείων πριν από την ημερομηνία λήξης τους επιφέρουν σημαντικές ζημιές στα πιστωτικά ιδρύματα με άμεσο αντίκτυπο την μείωση της κερδοφορίας τους. Συνεπώς, το στοχαστικό μοντέλο των Oguzsoy και Guven θα ήταν χρήσιμο ως ένα εργαλείο για ανάλυση ευαισθησίας και ως ένα κανονιστικό εργαλείο αποφάσεων στα πλαίσια διαχείρισης τραπεζικών χαρτοφυλακίων. Η χρήση της ανάλυσης ευαισθησίας όσον αφορά τις μελλοντικές αποσύρσεις καταθέσεων, την πρόωρη αποπληρωμή των δανείων, τα μη εξυπηρετούμενα δάνεια και τις μεταβολές των επιτοκίων συμβάλλει στη προσαρμοστικότητα του μοντέλου στις μελλοντικές οικονομικές εξελίξεις καθώς παρέχει ένα μέσο για το τραπεζικό ίδρυμα να ερευνήσει την επίπτωση των εναλλακτικών οικονομικών σεναρίων στη διάρθρωση των στοιχείων του ενεργητικού και παθητικού του έτσι ώστε να διασφαλίζεται η βέλτιστη διαχείριση των περιουσιακών του στοιχείων και κατ' επέκταση η κερδοφορία του.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

#### 4.1 Εισαγωγή

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, έχοντας αναλύσει στην προηγούμενη ενότητα διεξοδικά τα κυριότερα μοντέλα που έχουν προταθεί στη διεθνή βιβλιογραφία για την από κοινού διαχείριση περιουσιακών στοιχείων και υποχρεώσεων τραπεζικών ιδρυμάτων με τη χρήση μεθόδων στοχαστικού προγραμματισμού, θα προχωρήσουμε σε αναλυτική αριθμητική εφαρμογή κάποιων εκ των παραπάνω υποδειγμάτων χρησιμοποιώντας στοιχεία από μια εμπορική τράπεζα της Ελλάδος.

Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας τις χρηματοοικονομικές καταστάσεις της τράπεζας, τον ισολογισμό και την κατάσταση αποτελεσμάτων χρήσης, για τα έτη 2008, 2009 και 2010 θα εξετάσουμε τη βέλτιστη στρατηγική που θα πρέπει να ακολουθήσει το τραπεζικό ίδρυμα σε περιβάλλον έντονης αβεβαιότητας προκειμένου να δημιουργήσει μια μελλοντική κατάσταση στρατηγικής διαχείρισης ενεργητικού και παθητικού.

Οι μεταβλητές που θα χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό των μοντέλων προέρχονται από τις χρηματοοικονομικές καταστάσεις του προηγούμενου έτους. Επιπροσθέτως, λαμβάνοντας υπ' όψιν τα δεδομένα των χρηματοοικονομικών καταστάσεων της τράπεζας για το οικονομικό έτος για το οποίο πρόκειται να γίνει η ανάλυση επιλέγονται οι κατηγορίες λογαριασμών του ενεργητικού και του παθητικού.

Αναλυτικότερα, όσον αφορά τα στοιχεία του ενεργητικού λαμβάνονται υπ' όψιν το ταμείο και τα διαθέσιμα στην Κεντρική Τράπεζα, οι απαιτήσεις κατά πιστωτικών ιδρυμάτων, τα δάνεια και οι απαιτήσεις κατά πελατών, το χαρτοφυλάκιο των συναλλαγών, το χαρτοφυλάκιο των επενδύσεων, οι συμμετοχές (επενδύσεις σε θυγατρικές εταιρείες) και οι απαιτήσεις από παράγωγα χρηματοοικονομικά μέσα. Από την άλλη μεριά, όσον αφορά τα στοιχεία του παθητικού λαμβάνονται υπ' όψιν οι υποχρεώσεις προς πιστωτικά ιδρύματα, οι καταθέσεις και οι λοιπές υποχρεώσεις προς πελάτες, τα ίδια κεφάλαια και οι υποχρεώσεις από παράγωγα χρηματοοικονομικά μέσα.



Βάσει των παραπάνω στοιχείων και σε συνδυασμό με το επιλεγμένο μοντέλο διαμορφώνεται μια σειρά περιορισμών στους οποίους αποτυπώνεται η στρατηγική της τράπεζας, καθώς και οι ιδιαιτερότητες του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο λειτουργεί και αναπτύσσεται.

#### 4.2 Περιγραφή των δεδομένων

Πριν προχωρήσουμε στην μαθηματική διατύπωση των μοντέλων κρίνεται απαραίτητο να προβούμε σε μια σύντομη ανάλυση των επιμέρους στοιχείων του ενεργητικού και παθητικού του τραπεζικού ισολογισμού. Στον ακόλουθο πίνακα παρατίθενται τα κυριότερα μεγέθη των Οικονομικών Καταστάσεων της τράπεζας για τις χρήσεις 2008-2010:

Πίνακας 4.1: ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΣ			
Ποσά σε εκατ. €	2008	2009	2010
<b>ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟ</b>			
Ταμείο και διαθέσιμα στην Κεντρική Τράπεζα	206,677	145,506	159,877
Παράγωγα χρηματοοικονομικά μέσα - απαιτήσεις	1,261	0,033	0,296
Απαιτήσεις κατά πιστωτικών ιδρυμάτων	483,942	451,293	177,242
Χαρτοφυλάκιο συναλλαγών	5,99	1,012	225,316
Δάνεια και απαιτήσεις κατά πελατών	2,342.867	2,669.421	2,727.245
Χαρτοφυλάκιο επενδύσεων διαθέσιμο προς πώληση	8,997	319,625	7,987
Χαρτοφυλάκιο επενδύσεων διακρατούμενο μέχρι τη λήξη	1,398	2,816	457,880
Συμμετοχές – Επενδύσεις σε θυγατρικές	19,212	22,599	23,472
<b>ΠΑΘΗΤΙΚΟ</b>			
Υποχρεώσεις προς πιστωτικά ιδρύματα	90,006	250,822	455,164
Καταθέσεις και Λοιπές Υποχρεώσεις προς πελάτες	2,724.957	3,005.357	3,035.892
Παράγωγα χρηματοοικονομικά μέσα – Υποχρεώσεις	0,902	0,306	0,971
Ίδια Κεφάλαια	257,308	340,645	321,710

## ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟ

### Ταμείο και διαθέσιμα στην Κεντρική Τράπεζα

Το υπόλοιπο του λογαριασμού Ταμείο και διαθέσιμα στην Κεντρική Τράπεζα για τις χρήσεις 2008-2010, αναλύεται ως ακολούθως:

Πίνακας 4.2: ΤΑΜΕΙΟ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ			
Ποσά σε εκατ. €	2008	2009	2010
Υποχρεωτικές καταθέσεις στην Τράπεζα Ελλάδος	48,65	57,33	59,42
Διαθέσιμα στην Τράπεζα Ελλάδος	117,6	54,48	67,72
Ταμείο	40,45	33,7	32,74
Σύνολο	206,7	145,5	159,88

Η Τράπεζα της Ελλάδος απαιτεί από όλα τα πιστωτικά ιδρύματα που είναι εγκατεστημένα στον Ελλαδικό χώρο να διατηρούν υποχρεωτικές καταθέσεις το δύο τοις εκατό των συνολικών καταθέσεων των πελατών τους. Συγκεκριμένα, το υπόλοιπο του λογαριασμού Υποχρεωτικές Καταθέσεις και Διαθέσιμα στην Τράπεζα της Ελλάδος ανήλθε σε €59,42 εκατ. την 31/12/2010, από € 57,33 εκατ. την 31/12/2009 και € 48,65 εκατ. την 31/12/2008 παρουσιάζοντας σωρευτική αύξηση τριετίας κατά 22,14%.

### Απαιτήσεις κατά Πιστωτικών Ιδρυμάτων

Την 31/12/2010, το υπόλοιπο του λογαριασμού Απαιτήσεις κατά Πιστωτικών Ιδρυμάτων διαμορφώθηκε σε € 177,24 από € 451,29 εκατ. την 31/12/2009 και € 489,94 εκατ. την 31/12/2008 και αφορούσε κυρίως σε τοποθετήσεις στη διατραπεζική αγορά. Η σωρευτική μείωση της τάξεως του 63% οφείλεται κυρίως στην πολιτική του τραπεζικού ιδρύματος να χρησιμοποιήσει τα κεφάλαια αυτά για την αύξηση των χορηγήσεων και την αύξηση του χαρτοφυλακίου επενδύσεων διακρατούμενου έως τη λήξη.

### Δάνεια και απαιτήσεις κατά πελατών

Το υπόλοιπο του λογαριασμού Δάνεια και Απαιτήσεις κατά Πελατών, για τις χρήσεις 2008-2010, διαμορφώθηκε ως ακολούθως:

Πίνακας 4.3: ΔΑΝΕΙΑ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΠΕΛΑΤΩΝ			
Ποσά σε εκατ. €	2008	2009	2010
Σύνολο δανείων και απαιτήσεων κατά πελατών	2.386,30	2.755,87	2.842,98
Μείον: Απομείωση δανείων και λοιπών απαιτήσεων	-43,44	-86,45	-115,74
Σύνολο	2.342,86	2.669,42	2.727,24

Την 31/12/2010 το υπόλοιπο του λογαριασμού Δάνεια και Απαιτήσεις κατά Πελατών, μετά από τις απομειώσεις, ανήλθε σε € 2.727,24 εκατ. έναντι € 2.669,42 εκατ. την 31/12/2009 και € 2.342,86 εκατ. την 31/12/2008, παρουσιάζοντας σωρευτική αύξηση τριετίας περίπου 15%. Οι συσσωρευμένες απομειώσεις δανείων την 31/12/2010 αποτέλεσαν το 4% του συνολικού χαρτοφυλακίου δανείων κατά πελατών προ απομειώσεων έναντι αντίστοιχου ποσοστού 3% την 31/12/2009 και 1,80% την 31/12/2008.

#### Χαρτοφυλάκιο επενδύσεων διαθέσιμο προς πώληση

Το υπόλοιπο του λογαριασμού Χαρτοφυλάκιο Επενδύσεων Διαθέσιμο προς Πώληση, για τις χρήσεις 2008-2010 διαμορφώθηκε ως εξής:

Πίνακας 4.4: ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΟ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΠΡΟΣ ΠΩΛΗΣΗ			
Ποσά σε εκατ. €	2008	2009	2010
Μερίδια Αμοιβαίων Κεφαλαίων	7,70	8,30	7,42
Μετοχές μη εισηγμένες στο Χ.Α.	0,28	0,45	0,56
Ομόλογα Ελληνικού Δημοσίου	1,02	310,88	0,00
Σύνολο	9,00	319,62	7,99

Για το εν λόγω χαρτοφυλάκιο δεν υπάρχει χρονικός περιορισμός διακράτησης. Η ένταξη των χρεογράφων στην κατηγορία αυτή δεν είναι δεσμευτική για τη Διοίκηση της Τράπεζας η οποία έχει τη δυνατότητα στο μέλλον να τα ρευστοποιήσει ή να τα εντάξει στο επενδυτικό χαρτοφυλάκιο χρεογράφων.

#### Χαρτοφυλάκιο Επενδύσεων διακρατούμενο μέχρι τη λήξη

Στο λογαριασμό Χαρτοφυλάκιο Επενδύσεων διακρατούμενο μέχρι τη λήξη περιλαμβάνονται τα χρεόγραφα που η Διοίκηση του τραπεζικού ιδρύματος έχει τη δυνατότητα και την πρόθεση να κρατήσει μέχρι τη λήξη τους. Την 31/12/2010 το υπόλοιπο του λογαριασμού διαμορφώθηκε σε € 457,88 εκατ., παρουσιάζοντας σημαντική μεταβολή έναντι της 31/12/2009, που κυμάνθηκε στα € 2,82 εκατ., εξαιτίας της συμμετοχής Ομολόγων Ελληνικού Δημοσίου (ΟΕΔ) ύψους € 445 εκατ.

Η εν λόγω αύξηση είναι αποτέλεσμα της μεταφοράς ΟΕΔ λογιστικής αξίας € 302,83 εκατ. από το Χαρτοφυλάκιο διαθέσιμο προς πώληση στις Επενδύσεις κατεχόμενες ως τη λήξη καθώς και της προσθήκης ΟΕΔ λογιστικής αξίας € 149,14 εκατ. Στο χαρτοφυλάκιο διακρατούμενο μέχρι τη λήξη την 31/12/2010 περιλαμβάνονται ΟΕΔ δεσμευμένα στη Τράπεζα Ελλάδος για Repos πελατών ονομαστικής αξίας €3,87 εκατ., η εύλογη αξία των οποίων ανέρχεται σε € 2,49 εκατ. ενώ την 31/12/2009 τα αντίστοιχα μεγέθη ανέρχονταν σε € 4,47 εκατ. και € 4,45 εκατ.

#### Χαρτοφυλάκιο συναλλαγών (εμπορικό χαρτοφυλάκιο)

Στο χαρτοφυλάκιο συναλλαγών περιλαμβάνονται τα χρεόγραφα που προορίζονται για μεταπώληση με σκοπό την επίτευξη κέρδους από βραχυχρόνιες διακυμάνσεις των τιμών τους.

Πίνακας 4.5: ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΟ ΣΥΝΑΛΛΑΓΩΝ			
Ποσά σε εκατ. €	2008	2009	2010
Μερίδια Αμοιβαίων Κεφαλαίων	1,35	1,41	227,15
Μετοχές εισηγμένες στο Χ.Α.	0,03	0,04	0,02
Ομόλογα τραπεζών	0,91	0,98	0,00
Ομόλογα Ελληνικού Δημοσίου	5,05	0,00	0,00
Σύνολο	7,34	2,43	227,17

Το ποσό των € 227 εκατ. αφορά αποτίμηση μεριδίων αμοιβαίων κεφαλαίων που αγόρασε η Τράπεζα την 31/12/2010.

## ΠΑΘΗΤΙΚΟ

### Υποχρεώσεις προς πιστωτικά ιδρύματα

Κατά την υπό εξέταση τριετία το υπόλοιπο του λογαριασμού Υποχρεώσεις προς Πιστωτικά Ιδρύματα παρουσίασε σημαντική αύξηση και διαμορφώθηκε σε € 455,16 εκατ., από € 250,82 εκατ. την 31/12/2009 και € 90,00 εκατ. την 31/12/2008. Το υπόλοιπο του λογαριασμού Υποχρεώσεις προς Πιστωτικά Ιδρύματα, αναλύεται ως εξής:

Πίνακας 4.6: ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΠΙΣΤΩΤΙΚΑ ΙΔΡΥΜΑΤΑ			
Ποσά σε εκατ. €	2008	2009	2010
Δανεισμός διατραπεζικής αγοράς	90,00	250,82	455,16
Δάνεια τραπεζών	0,00	0,00	0,00
Σύνολο	90,00	250,82	455,16

Την 31/12/2010 ο Δανεισμός Διατραπεζικής Αγοράς διαμορφώθηκε σε € 455,16 εκατ. από € 90,01 εκατ. την 31/12/2008 σημειώνοντας σταδιακή και σωρευτική αύξηση τριετίας κατά 405,73%. Η αύξηση αυτή οφείλεται σε άντληση ρευστότητας από την Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα (ΕΚΤ) με κάλυψη Ομόλογα του Ελληνικού Δημοσίου και εκχώρηση δανειακών συμβάσεων.

### Υποχρεώσεις προς πελάτες

Το υπόλοιπο του λογαριασμού Υποχρεώσεις προς Πελάτες, αποτελείται από τις καταθέσεις πελατών κάθε μορφής και αναλύεται εξής:

Πίνακας 4.7: ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΠΕΛΑΤΕΣ			
Ποσά σε εκατ. €	2008	2009	2010
Καταθέσεις Ιδιωτών	2.292,80	2.374,31	2.507,38
Καταθέσεις Επιχειρήσεων	414,22	612,93	503,78
Καταθέσεις Δημοσίων Οργανισμών και Επιχειρήσεων	17,93	18,11	24,73
Σύνολο	2.724,95	3.005,35	3.035,89

Το υπόλοιπο του λογαριασμού Υποχρεώσεις προς Πελάτες διαμορφώθηκε σε € 3.035,89 εκατ. την 31/12/2010, παρουσιάζοντας σωρευτική αύξηση ύψους 12% από € 2.724,95 εκατ. την 31/12/2008, διαμορφώνοντας έτσι τη σχέση δανείων και λοιπών απαιτήσεων προς καταθέσεις, το 2010, σε ποσοστό κοντά στο 90%.

#### **4.3 Εφαρμογή του μοντέλου των Booth και Dash (1979 )**

Στόχος λοιπόν των δύο συγγραφέων στα πλαίσια ανάπτυξης στρατηγικών διαχείρισης ενός τραπεζικού χαρτοφυλακίου ήταν η διαμόρφωση της σύνθεσης των στοιχείων του ενεργητικού και παθητικού του τραπεζικού χαρτοφυλακίου έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη ισορροπία μεταξύ κερδοφορίας, κινδύνου και ρευστότητας.

Συνεπώς, για την μοντελοποίηση του τραπεζικού χαρτοφυλακίου και την εύρεση της βέλτιστης λύσης εφάρμοσαν τέσσερα διαφορετικά μοντέλα γραμμικού προγραμματισμού (LP, TSLP, LGP, TSLGP). Τα ανωτέρω μοντέλα καλύπτουν μόνο μια περίοδο, η σύνθεση του τραπεζικού ισολογισμού αποτελείται από έναν μικρό αριθμό μεταβλητών και οι περιορισμοί έχουν να κάνουν μόνο με τις απαιτήσεις σε ταμειακά αποθέματα και τον δείκτη δανείων προς καταθέσεις.

Πριν προχωρήσουμε στην εφαρμογή του μοντέλου των Booth και Dash στα δεδομένα του δικού μας τραπεζικού χαρτοφυλακίου κρίνεται απαραίτητο για την καλύτερη κατανόηση του να γίνει μια σύντομη υπενθύμιση των μεταβλητών και των παραμέτρων του.

##### Οι Μεταβλητές του Ισολογισμού

$B_1$ = μετρητά

$B_2$ = χρεόγραφα

$B_3$ = δάνεια

$B_4$ = καταθέσεις

$B_5$ = ίδια κεφάλαια

##### Οι Μεταβλητές Απόφασης

$P_2$ = αγορά χρεογράφων.

$P_3$  = ύψος χορήγησης δανείων.

$S_2$  = πώληση χρεογράφων.

$S_{21}$  = πώληση χρεογράφων με βάση το πρώτο σενάριο.

$S_{22}$  = πώληση χρεογράφων με βάση το δεύτερο σενάριο.

### Παράμετροι και άλλες Μεταβλητές

$a$  = αναλογία των καταθέσεων σε σχέση με τα αποθέματα ρευστότητας.

$b$  = ποσοστό χρεογράφων που λήγουν εντός της περιόδου.

$c$  = ποσοστό δανείων που λήγουν εντός της περιόδου.

$d$  = μέγιστη ζήτηση νέων δανείων εντός της περιόδου.

$e$  = μέγιστη προσφορά καταθέσεων εντός της περιόδου.

$e_1$  = μέγιστη προσφορά καταθέσεων εντός της περιόδου με βάση το πρώτο σενάριο.

$e_2$  = μέγιστη προσφορά καταθέσεων εντός της περιόδου με βάση το δεύτερο σενάριο.

$f$  = μέγιστος επιθυμητός δείκτης δανείων προς καταθέσεις.

$r_2$  = επιτόκιο νέων χρεογράφων.

$r'_2$  = επιτόκιο χρεογράφων.

$r'_3$  = επιτόκιο δανείων.

$r_3$  = επιτόκιο νέων δανείων.

$r_4$  = επιτόκιο καταθέσεων.

$P$  = πιθανότητα εκδήλωσης των σεναρίων ( $i=1,2$ ).

$h^+$  = υπερεπίτευξη των μεταβλητών απόκλισης.

$h^-$  = υποεπίτευξη των μεταβλητών απόκλισης.

$B'_2$  = το αρχικό ποσό των χρεογράφων.

$B'_3$ = τα δάνεια στην αρχή της περιόδου.

$B'_5$ = ίδια κεφάλαια στην αρχή της περιόδου.

Στη συνέχεια παρατίθενται σε πίνακα οι μεταβλητές του ισολογισμού που θα χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο καθώς και τα δεδομένα μας για τα έτη 2008 και 2009 με απώτερο στόχο να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων του μοντέλου με τα πραγματικά στοιχεία της τράπεζας για τα έτη 2009 και 2010. Συνεπώς, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις χρηματοοικονομικές καταστάσεις της τράπεζας για τα έτη 2008, 2009 και 2010 θα εξετάσουμε τη βέλτιστη στρατηγική που θα πρέπει να ακολουθήσει το εν λόγω τραπεζικό ίδρυμα.

Πίνακας 4.8: ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΥ			
	2008	2009	2010
B1	206.677.169	145.506.625	159.877.293
B2	7.345.738	313.140.581	457.880.238
B3	2.342.867.109	2.669.420.998	2.727.245.799
B4	2.794.957.275	3.005.357.211	3.035.892.113
B5	257.308.487	340.645.035	321.710.136

Η επεξήγηση των μεταβλητών του ισολογισμού βρίσκεται στην σελίδα 86 του κεφαλαίου.

Πίνακας 4.9: ΔΕΔΟΜΕΝΑ 2008				
ΜΟΝΤΕΛΛΑ				
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	LP	LGP	TSLP	TSLGP
a	0.05	0.05	0.05	0.05
b	0.30	0.30	0.30	0.30
c	0.20	0.20	0.20	0.20
d	280.325.414	280.325.414	280.325.414	280.325.414
e	3.051.000.000	3.051.000.000		
e1			2.900.000.000	2.900.000.000
e2			2.500.000.000	2.500.000.000
f	0.86	0.86	0.86	0.86
r'2	0.0425	0.0425	0.0425	0.0425
r2	0.05	0.05		



r21			0.055	0.055
r22			0.0475	0.0475
r'3	0.09	0.09	0.09	0.09
r3	0.08	0.08	0.08	0.08
r4	0.04	0.04	0.04	0.04
p1			0.5	0.5
p2			0.5	0.5

Πίνακας 4.10: ΔΕΔΟΜΕΝΑ 2009				
ΜΟΝΤΕΛΑ				
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	LP	LGP	TSLP	TSLGP
a	0.05	0.05	0.05	0.05
b	0.007	0.007	0.007	0.007
c	0.20	0.20	0.20	0.20
d	90.000.000	90.000.000	90.000.000	90.000.000
e	3.100.000.000	3.100.000.000		
e1			3.051.000.000	3.051.000.000
e2			2.900.000.000	2.900.000.000
f	0.89	0.89	0.89	0.89
r'2	0.0473	0.0473	0.0473	0.0473
r2	0.05	0.05		
r21			0.0525	0.0525
r22			0.0490	0.0490
r'3	0.08	0.08	0.08	0.08
r3	0.07	0.07	0.07	0.07
r4	0.03	0.03	0.03	0.03
p1			0.5	0.5
p2			0.5	0.5

Η επεξήγηση των ανωτέρων παραμέτρων και μεταβλητών αναφορικά με τα δεδομένα του μοντέλου για τα έτη 2008 και 2009 βρίσκεται στην σελίδα 87 του κεφαλαίου.

Στο σημείο αυτό, έχοντας περιγράψει τις μεταβλητές και τις παραμέτρους του μοντέλου των Booth και Dash στα δεδομένα του δικού μας τραπεζικού χαρτοφυλακίου, θα προχωρήσουμε

στην επίλυση των τεσσάρων διαφορετικών μοντέλων γραμμικού προγραμματισμού (LP, TSLP, LGP, TSLGP) χρησιμοποιώντας τη γλώσσα προγραμματισμού AMPL.

Στο παράρτημα του κεφαλαίου θα αναφέρουμε ενδεικτικά τον τρόπο επίλυσης του στοχαστικού μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων με τη γλώσσα προγραμματισμού AMPL.

1) Γραμμικό μοντέλο προγραμματισμού (linear programming model - LP)

Η αντικειμενική συνάρτηση του γραμμικού αυτού μοντέλου (LP) διατυπώνεται ως εξής:

---

Maximize  $B_5$  υποκείμενη στους εξής περιορισμούς:

---

$$B_1 \geq \alpha B_4$$

$$B_2 = (1-b)B'_2 + P_2 - S_2$$

$$S_2 \leq (1-b)B'_2$$

$$B_3 = (1-c)B'_3 + P_3$$

$$P_3 \leq d$$

$$B_4 \leq e$$

$$B_3 \leq f B_4$$

$$B_5 = r'_2 (1-b)B'_2 + r_2 P_2 - [r'_2 - (r'_2 / r_2) + 1] S_2 + r'_3 (1-c)B'_3 + r_3 P_3 - r_4 B_4 + B'_5$$

$$B_1 + B_2 + B_3 = B_4 + B_5$$

---

Στη συνέχεια παραθέτουμε πίνακες με τα αποτελέσματα του ανωτέρω μοντέλου για τα έτη 2009 και 2010 σε αντιπαράθεση με τα πραγματικά αποτελέσματα του τραπεζικού ισολογισμού.

Πίνακας 4.11: ΑΠΟΤΕΛΕΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2009		
LP	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
	<b>2009</b>	<b>2009</b>
B1	152.550.000	145.506.625
B2	1.123.550.000	313.140.581
B3	2.154.620.000	2.669.420.998
B4	3.051.000.000	3.005.357.211
B5	379.717.000	340.645.035
P2	1.118.410.000	
P3	280.325.000	
S2	0	

Συγκρίνοντας τις τιμές του μοντέλου με τις πραγματικές τιμές του ισολογισμού του τραπεζικού ιδρύματος για το έτος 2009 παρατηρείται μια μεγάλη απόκλιση όσον αφορά την μεταβλητή του ισολογισμού χρεόγραφα (B2).

Πίνακας 4.12: ΑΠΟΤΕΛΕΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2010		
LP	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
	<b>2010</b>	<b>2010</b>
B1	155.000.000	159.877.293
B2	1.203.590.000	457.880.238
B3	2.225.540.000	2.727.245.799
B4	3.100.000.000	3.035.892.113
B5	484.128.000	321.710.136
P2	892.643.000	
P3	90.000.000	
S2	0	

Για το έτος 2010, η σύγκριση των τιμών του μοντέλου με τις πραγματικές τιμές του τραπεζικού ισολογισμού οδηγεί στο συμπέρασμα ότι πάλι υπάρχει πρόβλημα με την μεταβλητή του ισολογισμού χρεόγραφα (B2) καθώς παρατηρείται και πάλι μεγάλη απόκλιση. Επιπρόσθετα, για το έτος 2010 εν αντιθέσει με το 2009 παρουσιάζεται μεγάλη απόκλιση και

στην μεταβλητή του ισολογισμού ίδια κεφάλαια (B5). Συγκεκριμένα, το εν λόγω τραπεζικό ίδρυμα εφαρμόζοντας το μοντέλο θα έπρεπε να εμφανίζει στον ισολογισμό του στο τέλος του 2010 περισσότερα ίδια κεφάλαια κατά 162,418 εκατ. ευρώ.

2) Στοχαστικό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων (two - stage stochastic linear program with simple recourse - TSLP)

Η αντικειμενική συνάρτηση του στοχαστικού αυτού μοντέλου προγραμματισμού δύο σταδίων (TSLP) ορίζεται ως εξής:

---

Max.  $p_1 B_{51} + p_2 B_{52}$  και υπόκειται στους εξής περιορισμούς:

---

$$B_{11} \geq \alpha B_{41}$$

$$B_{12} \geq \alpha B_{42}$$

$$B_{21} = (1-b)B'_2 + P_2 - S_{21}$$

$$B_{22} = (1-b)B'_2 + P_2 - S_{22}$$

$$S_{21} \leq (1-b)B'_2$$

$$S_{22} \leq (1-b)B'_2$$

$$B_3 = (1-c)B'_3 + P_3$$

$$P_3 \leq d$$

$$B_{41} \leq e_1$$

$$B_{42} \leq e_2$$

$$B_3 \leq f B_{41}$$

$$B_3 \leq f B_{42}$$

$$B_{51} = r'_2 (1-b)B'_2 + r_2 P_2 - [r'_2 - (r'_2 / r_{21}) + 1] S_{21} + r'_3 (1-c)B'_3 + r_3 P_3 - r_4 B_{41} + B'_5$$

$$B_{52} = r'_2 (1-b)B'_2 + r_2 P_2 - [r'_2 - (r'_2 / r_{22}) + 1] S_{22} + r'_3 (1-c)B'_3 + r_3 P_3 - r_4 B_{42} + B'_5$$

$$B_{11} + B_{21} + B_3 = B_{41} + B_{51}$$

$$B_{12} + B_{22} + B_3 = B_{42} + B_{52}$$


---

Στη συνέχεια παραθέτουμε πίνακες με τα αποτελέσματα του ανωτέρω μοντέλου για τα έτη 2009 και 2010 σε αντιπαράθεση με τα πραγματικά αποτελέσματα του τραπεζικού ισολογισμού.

Πίνακας 4.13: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟΥ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΥΟ ΣΤΑΔΙΩΝ 2009			
TSLP	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
	2009		2009
	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	
B1	125.271.000	125.271.000	145.506.625
B2	600.269.000	600.269.000	313.140.581
B3	2.154.620.000	2.154.620.000	2.669.420.998
B4	2.500.000.000	2.500.000.000	3.005.357.211
B5	375.269.000	375.269.000	340.645.035
P2	595.127.000	595.127.000	
P3	275.706.000	275.706.000	
S2	0	0	

Πίνακας 4.14: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟΥ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΥΟ ΣΤΑΔΙΩΝ 2010			
TSLP	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
	2010		2010
	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	
B1	140.000.000	140.000.000	159.877.293
B2	913.065.000	913.065.000	457.880.238
B3	2.255.400.000	2.255.400.000	2.727.245.799
B4	2.800.000.000	2.800.000.000	3.035.892.113
B5	478.602.000	478.602.000	321.710.136
P2	602.116.000	602.116.000	
P3	90.000.000	90.000.000	
S2	0	0	

Συγκρίνοντας τις τιμές του στοχαστικού μοντέλου με τις πραγματικές τιμές του ισολογισμού του τραπεζικού ιδρύματος για το έτη 2009 και 2010 παρατηρείται όπως και στο απλό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού μια μεγάλη απόκλιση όσον αφορά την μεταβλητή του ισολογισμού χρεόγραφα (B2). Επιπλέον, για το έτος 2010 παρουσιάζεται

μεγάλη απόκλιση και στην μεταβλητή του ισολογισμού ίδια κεφάλαια (B5). Επίσης, παρατηρείται ότι η ανάλυση διαφορετικών σεναρίων δεν επηρεάζει τις τιμές του μοντέλου μας. Με άλλα λόγια είτε υλοποιηθεί το πρώτο είτε το δεύτερο σενάριο οι μεταβλητές του υποδείγματος παραμένουν αναλλοίωτες. Εάν υποθέσουμε τώρα ότι οι πιθανότητες εμφάνισης των δύο σεναρίων για το έτος 2010 δεν είναι  $p_1 = p_2 = 0.5$  αλλά  $p_1 = 0.7$  και  $p_2 = 0.3$  έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 4.15 : ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΥΟ ΣΤΑΔΙΩΝ			
TSLP	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
	2010		2010
	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	
p	0.7	0.3	
B1	152.500.000	140.000.000	159.877.293
B2	1.156.140.000	904.593.000	457.880.238
B3	2.255.400.000	2.255.400.000	2.727.245.799
B4	3.051.000.000	2.800.000.000	3.035.892.113
B5	483.225.000	470.130.000	321.710.136
P2	845.190.000	845.190.000	
P3	90.000.000	90.000.000	
S2	0	251.545.000	
p1*B51 + p2*B52 =479.297.000			

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι στην περίπτωση που δεν έχουμε την ίδια πιθανότητα εμφάνισης των δύο σεναρίων οι τιμές των μεταβλητών του υποδείγματος μεταβάλλονται ανάλογα με το εάν υλοποιηθεί το σενάριο ένα ή το σενάριο δύο. Επιπλέον, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι στην περίπτωση που  $p_1 = 0.3$  και  $p_2 = 0.7$  τα αποτελέσματα του μοντέλου είναι ίδια και για τα δύο σενάρια όπως ακριβώς τα αποτελέσματα του πίνακα 4.14. Τέλος, για το 2009 ότι τιμές και να δώσουμε για τις πιθανότητες ( $p_1$ ,  $p_2$ ) εμφάνισης των δύο σεναρίων λαμβάνουμε ακριβώς τα αποτελέσματα του πίνακα 4.13.

### 3) Γραμμικό μοντέλο πολλαπλών στόχων (LGP)

Η αντικειμενική συνάρτηση του πολυστοχικού αυτού μοντέλου (LGP) διατυπώνεται ως εξής:

---

Min.  $Z_1[ h_1^+ ] + Z_2[ h_3^- + h_5^+ + h_6^- ]$ , υποκείμενη στους εξής περιορισμούς:

---

$$B_1 - h_1^+ = \alpha B_4$$

$$B_2 = (1-b)B_2' + P_2 - S_2$$

$$S_2 + h_2^- = (1-b)B_2'$$

$$B_3 = (1-c)B_3' + P_3$$

$$P_3 + h_3^- = d$$

$$B_4 + h_4^- = e$$

$$B_3 + h_5^- - h_5^+ = f B_4$$

$$B_5 = r_2' (1-b)B_2' + r_2 P_2 - [ r_2' - (r_2' / r_2) + 1 ] S_2 + r_3' (1-c)B_3' + r_3 P_3 - r_4 B_4 + B_5'$$

$$B_1 + B_2 + B_3 = B_4 + B_5$$

$$B_5 + h_6^- = 10^9$$

---

Όσον αφορά για τον τελευταίο περιορισμό του ανωτέρου μοντέλου δηλαδή  $B_5 + h_6^- = 10^9$ , κρίνεται απαραίτητο για την καλύτερη κατανόηση του να επισημανθεί ότι καθώς η Διοίκηση του πιστωτικού ιδρύματος δεν γνωρίζει πιο είναι το υψηλότερο εφικτό επίπεδο κεφαλαίου καθορίζεται ένα άνω όριο ύψους  $10^9$ .

Στη συνέχεια παραθέτουμε πίνακες με τα αποτελέσματα του ανωτέρω μοντέλου για τα έτη 2009 και 2010 σε αντιπαράθεση με τα πραγματικά αποτελέσματα του τραπεζικού ισολογισμού.

Πίνακας 4.16: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΣΤΟΧΩΝ 2009		
LGP	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
	<b>2009</b>	<b>2009</b>
B1	152.550.000	145.506.625
B2	1.123.550.000	313.140.581
B3	2.154.620.000	2.669.420.998
B4	3.051.000.000	3.005.357.211
B5	379.717.000	340.645.035
P2	1.118.410.000	
P3	280.325.000	
S2	0	

Πίνακας 4.17: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΣΤΟΧΩΝ 2010		
LGP	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
	<b>2010</b>	<b>2010</b>
B1	155.000.000	159.877.293
B2	1.203.590.000	457.880.238
B3	2.225.540.000	2.727.245.799
B4	3.100.000.000	3.035.892.113
B5	484.128.000	321.710.136
P2	892.643.000	
P3	90.000.000	
S2	0	

Η σύγκριση των τιμών του ανωτέρου μοντέλου με τις πραγματικές τιμές του τραπεζικού ισολογισμού για τα έτη 2009 και 2010, οδηγεί στα ίδια ακριβώς συμπεράσματα – αποτελέσματα με εκείνα του πίνακα 4.11 και 4.12 αντίστοιχα. Συνεπώς, είτε χρησιμοποιήσουμε γραμμικό μοντέλο πολλαπλών στόχων (LGP) είτε απλό γραμμικό μοντέλο (LP) καταλήγουμε στα ίδια αποτελέσματα αναφορικά με τις μεταβλητές απόφασης και τις μεταβλητές του τραπεζικού ισολογισμού.



4) Πολυστοχικό στοχαστικό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων (TSLGP)

Η αντικειμενική συνάρτηση του μοντέλου (TSLGP) διατυπώνεται ως εξής:

Min.  $Z_1[ h_{11}^+ + h_{12}^+ ] + Z_2[ h_3^- + h_{51}^+ + h_{52}^+ + h_6^- ]$ , υποκείμενη στους εξής περιορισμούς:

$$B_{11} - h_{11}^+ = \alpha B_{41}$$

$$B_{12} - h_{12}^+ = \alpha B_{42}$$

$$B_{21} = (1-b)B_2' + P_2 - S_{21}$$

$$B_{22} = (1-b)B_2' + P_2 - S_{22}$$

$$S_{21} + h_{21}^- = (1-b)B_2'$$

$$S_{22} + h_{22}^- = (1-b)B_2'$$

$$B_3 = (1-c)B_3' + P_3$$

$$P_3 + h_3^- = d$$

$$B_{41} + h_{41}^- = e_1$$

$$B_{42} + h_{42}^- = e_2$$

$$B_3 + h_{51}^- - h_{51}^+ = f B_{41}$$

$$B_3 + h_{52}^- - h_{52}^+ = f B_{42}$$

$$B_{51} = r_2' (1-b)B_2' + r_2 P_2 - [ r_2' - (r_2' / r_{21}) + 1 ] S_{21} + r_3' (1-c)B_3' + r_3 P_3 - r_4 B_{41} + B_5'$$

$$B_{52} = r_2' (1-b)B_2' + r_2 P_2 - [ r_2' - (r_2' / r_{22}) + 1 ] S_{22} + r_3' (1-c)B_3' + r_3 P_3 - r_4 B_{42} + B_5'$$

$$B_{11} + B_{21} + B_3 = B_{41} + B_{51}$$

$$B_{12} + B_{22} + B_3 = B_{42} + B_{52}$$

$$p_1 B_{51} + p_2 B_{52} + h_6^- = 10^9$$

Στη συνέχεια παραθέτουμε πίνακες με τα αποτελέσματα του ανωτέρω μοντέλου για τα έτη 2009 και 2010 σε αντιπαράθεση με τα πραγματικά αποτελέσματα του τραπεζικού ισολογισμού.

Πίνακας 4.18: ΠΟΛΥΣΤΟΧΙΚΟ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΥΟ ΣΤΑΔΙΩΝ			
TSLGP	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
	2009		2009
	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	
B1	125.271.000	125.271.000	145.506.625
B2	600.930.000	597.788.000	313.140.581
B3	2.154.620.000	2.154.620.000	2.669.420.998
B4	2.505.410.000	2.505.410.000	3.005.357.211
B5	375.409.000	375.409.000	340.645.035
P2	595.788.000	595.788.000	
P3	280.325.000	280.325.000	
S2	0	5.142.020	

Πίνακας 4.19: ΠΟΛΥΣΤΟΧΙΚΟ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΥΟ ΣΤΑΔΙΩΝ			
TSLGP	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
	2010		2010
	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	
B1	140.000.000	140.000.000	159.877.293
B2	913.065.000	913.065.000	457.880.238
B3	2.255.400.000	2.255.400.000	2.727.245.799
B4	2.800.000.000	2.800.000.000	3.035.892.113
B5	478.602.000	478.602.000	321.710.136
P2	602.116.000	602.116.000	
P3	90.000.000	90.000.000	
S2	0	0	

Συγκρίνοντας τις τιμές του ανωτέρου μοντέλου με τις πραγματικές τιμές του τραπεζικού ισολογισμού για τα έτη 2009 και 2010, παρατηρούμε ότι λαμβάνουμε τα ίδια ακριβώς αποτελέσματα με εκείνα των πινάκων 4.13 και 4.14 αντίστοιχα. Η μοναδική διαφορά του πίνακα 4.18 με τον 4.13 έγκειται στην περίπτωση υλοποίηση του δεύτερου σεναρίου όσον αφορά την μεταβλητή του ισολογισμού χρεόγραφα (B2). Συγκεκριμένα, εφαρμόζοντας το πολυστοχικό στοχαστικό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων (TSLGP) στα δεδομένα του 2008, το τραπεζικό ίδρυμα θα εμφανίσει στον ισολογισμό του στο τέλος του 2009 σύμφωνα με το σενάριο δύο λιγότερα χρεόγραφα από ότι θα εμφάνιζε εφαρμόζοντας

το στοχαστικό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού (TSLP). Επίσης, θα προβεί και σε πώληση 5.142.020 ευρώ από το χαρτοφυλάκιο των χρεογράφων του. Ωστόσο, θα πρέπει να τονισθεί ότι και με την εφαρμογή του πολυστοχικού στοχαστικού μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων (TSLGP) συνεχίζει να παρουσιάζεται μεγάλη απόκλιση στην μεταβλητή του ισολογισμού χρεόγραφα (B2).

Συνεπώς, είτε χρησιμοποιήσουμε πολυστοχικό στοχαστικό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού (TSLGP) είτε στοχαστικό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων (TSLP) καταλήγουμε στα ίδια αποτελέσματα αναφορικά με τις μεταβλητές απόφασης και τις μεταβλητές του τραπεζικού ισολογισμού με μοναδική εξαίρεση στην περίπτωση υλοποίησης του δεύτερου σεναρίου για τα δεδομένα του 2008 όσον αφορά την μεταβλητή του ισολογισμού χρεόγραφα (B2) και την μεταβλητή απόφασης για πώληση χρεογράφων (S2). Τέλος, στην περίπτωση που δεν έχουμε την ίδια πιθανότητα εμφάνισης των δύο σεναρίων, οι τιμές των μεταβλητών του υποδείγματος για το 2010 μεταβάλλονται ανάλογα με το εάν υλοποιηθεί το σενάριο ένα ή το σενάριο δύο. Τα αποτελέσματα είναι ανάλογα με εκείνα του πίνακα 4.15.

Εν κατακλείδι, συνοψίζουμε τα αποτελέσματα των τεσσάρων ανωτέρω μοντέλων για τα έτη 2009 και 2010 στους ακόλουθους δύο πίνακες για είναι ορατό όχι μόνο το κατά πόσο τα μοντέλα αυτά αποκλίνουν ή προσεγγίζουν από τις πραγματικές τιμές του τραπεζικού μας ισολογισμού αλλά για να είναι δυνατή και η μεταξύ τους σύγκριση.

Πίνακας 4.20: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ 2009							
2009	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ						ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
	TSLGP		TSLP		LP	LGP	
	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2			
							Ποσά σε εκατ. €
<b>B1</b>	125,271	125,271	125,271	125,271	152,550	152,550	145,506
<b>B2</b>	600,930	597,788	600,269	600,269	1.123,550	1.123,550	313,140
<b>B3</b>	2.154,620	2.154,620	2.154,620	2.154,620	2.154,620	2.154,620	2.669,420
<b>B4</b>	2.505,410	2.505,410	2.500,000	2.500,000	3.051,000	3.051,000	3.005,357
<b>B5</b>	375,409	375,407	375,269	375,269	379,717	379,717	340,645
<b>P2</b>	595,788	595,788	595,127	595,127	1.118,410	1.118,410	
<b>P3</b>	280,325	280,325	275,706	275,706	280,325	280,325	
<b>S2</b>	0	5,142	0	0	0	0	

Πίνακας 4.21: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ 2010							
2010	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ						ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
	TSLGP		TSLP		LP	LGP	
	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2			Ποσά σε εκατ. €
<b>B1</b>	140,000	140,000	140,000	140,000	155,000	155,000	159,872
<b>B2</b>	913,065	913,065	913,065	913,065	1.203,590	1.203,590	457,880
<b>B3</b>	2.255,400	2.255,400	2.255,400	2.255,400	2.255,400	2.255,400	2.727,245
<b>B4</b>	2.800,000	2.800,000	2.800,000	2.800,000	3.100,000	3.100,000	3.035,892
<b>B5</b>	478,602	478,602	478,602	478,602	484,128	484,128	321,710
<b>P2</b>	602,116	602,116	602,116	602,116	892,643	892,643	
<b>P3</b>	90,000	90,000	90,000	90,000	90,000	90,000	
<b>S2</b>	0	0	0	0	0	0	

Από τους ανωτέρω συγκεντρωτικούς πίνακες των αποτελεσμάτων παρατηρούμε ότι και τα τέσσερα μοντέλα παρουσιάζουν μικρές ή μεγάλες αποκλίσεις από τις τιμές που αναγράφονται στον τραπεζικό ισολογισμό στις 31/12/2009 και 31/12/2010. Η ύπαρξη των αποκλίσεων ήταν αναμενόμενη καθώς το μοντέλο των Booth και Dash εφαρμόστηκε την δεκαετία του εβδομήντα, σε διαφορετικό πιστωτικό ίδρυμα γεγονός που συνεπάγεται ότι μερικοί από τους περιορισμούς να μην αντιστοιχούν σε αυτούς που θέτει η Διοίκηση της συγκεκριμένης τράπεζας ή μια σειρά παραγόντων και περιορισμών που θα έπρεπε να ληφθούν στο μοντέλο να μην ελήφθησαν καθώς το τραπεζικό ίδρυμα κατά τον σχεδιασμό της στρατηγικής του για την επόμενη περίοδο λαμβάνει υπ' όψιν του μια σειρά παραμέτρων οποίοι τυγχάνει να είναι εμπιστευτικοί. Άλλωστε ο στόχος μας δεν ήταν η ακριβή εξαγωγή των αποτελεσμάτων αλλά το κατά πόσο ένα τέτοιο μοντέλο μπορεί να είναι χρήσιμο στις τράπεζες ως προς την ανάπτυξη στρατηγικών διαχείρισης χαρτοφυλακίου και ως ένα εργαλείο ανάλυσης ευαισθησίας παρέχοντας ένα μέσο για το τραπεζικό ίδρυμα να ερευνήσει την επίπτωση των εναλλακτικών οικονομικών σεναρίων στη διάρθρωση των στοιχείων του ενεργητικού και παθητικού του έτσι ώστε να διασφαλίζεται η βέλτιστη διαχείριση των περιουσιακών του στοιχείων.

Συνεπώς, παρά την ύπαρξη τυχόν αποκλίσεων παρατηρούμε πως τόσο το στοχαστικό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων (two - stage stochastic linear program with simple recourse - TSLP) όσο και το πολυστοχικό στοχαστικό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού (TSLGP) προσεγγίζουν ικανοποιητικά την μεταβλητή του ισολογισμού

$B_2$  = χρεόγραφα ενώ το απλό γραμμικό μοντέλο (LP) και γραμμικό μοντέλο πολλαπλών στόχων (LGP) αποτυγχάνουν. Επίσης, σύμφωνα και με τα τέσσερα μοντέλα το τραπεζικό ίδρυμα θα πρέπει να κρατά περισσότερα ίδια κεφάλαια απ' αυτά που απεικονίζει στις χρηματοοικονομικές του καταστάσεις.

Τέλος, έχουμε να παρατηρήσουμε ότι οι σημαντικότεροι παράμετροι του μοντέλου των Booth και Dash είναι οι εξής:  $a$  = η αναλογία των καταθέσεων σε σχέση με τα αποθέματα ρευστότητας,  $b$  = το ποσοστό χρεογράφων που λήγουν εντός της περιόδου και  $c$  = το ποσοστό δανείων που λήγουν εντός της περιόδου, καθώς μια μεταβολή τους επιφέρει σημαντικές μεταβολές στις μεταβλητές του ισολογισμού  $B_1$  = μετρητά,  $B_2$  = χρεόγραφα,  $B_3$  = δάνεια αντίστοιχα.

Συγκεκριμένα, μια αύξηση της παραμέτρου  $a=0.05$  σε  $a=0.15$  (LP-2009) οδηγεί σε αύξηση του  $B_1= 457.650.000$  από  $B_1= 152.550.000$ , μια μείωση του  $B_2= 802.390.000$  από  $B_2= 1.123.550.000$  και μια μείωση του  $B_5=$  ίδια κεφάλαια  $=363.659.000$  από  $B_5= 379.717.000$ . Ανάλογες μεταβολές έχουμε και στα υπόλοιπα μοντέλα και για τα έτος 2010. Οι εν λόγω μεταβολές είναι λογικές καθώς εάν το τραπεζικό ίδρυμα κρατά μεγαλύτερο ποσοστό των καταθέσεων σου σε μορφή ρευστών διαθεσίμων δεν χρειάζεται να προβεί σε αγορά ομολόγων με σκοπό να τα εκχωρήσει στην Κεντρική Τράπεζα για να αντλήσει ρευστότητα. Όσον αφορά τις παραμέτρους  $b$  = ποσοστό χρεογράφων που λήγουν εντός της περιόδου και  $c$  = ποσοστό δανείων που λήγουν εντός της περιόδου λαμβάνοντας υπ' όψιν τα ιστορικά στοιχεία προηγούμενων ετών της τράπεζας σε συνδυασμό με την ανάλυση ληκτότητας των στοιχείων του ενεργητικού της γίνεται η παραδοχή ότι  $b=0.30$  και  $c=0.20$  για το έτος 2008 και  $b=0.007$  και  $c=0.20$  για το έτος 2009. Επιπλέον, παρατηρείται ότι μείωση του  $c$  δηλαδή του ποσοστού των δανείων που λήγουν εντός της περιόδου με το ίδιο  $b$  δηλαδή του ποσοστού των χρεογράφων που λήγουν εντός της περιόδου οδηγεί σε μείωση της μεταβλητής  $B_2$  = χρεόγραφα και αύξηση της  $B_3$  = δάνεια. Επίσης, η μείωση του  $c$  οδηγεί σε αύξηση του  $B_5$  = ίδια κεφάλαια. Συγκεκριμένα, εάν υποθετικά το  $c$  αντί 0.20 ήταν 0.05 τότε θα είχαμε τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 4.22: ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ 2009		
LP-2009	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ
b=0.30	c=0.20	c=0.05
B1	152.550.000	152.550.000
B2	1.123.550.000	786.914.000
B3	2.154.620.000	2.506.050.000
B4	3.051.000.000	3.051.000.000
B5	379.717.000	394.514.000
P2	1.118.410.000	781.772.000
P3	280.325.000	280.325.000
S2	0	0

Αντίθετα, κρατώντας το ίδιο  $c$  και μεταβάλλοντας το  $b$  δεν αλλάζει τίποτα στα αποτελέσματά μας.

Εν κατακλείδι, οφείλουμε να τονίσουμε ότι εξίσου σημαντική παράμετρος στην εφαρμογή του μοντέλου των Booth και Dash είναι και το επιτόκιο καταθέσεων ( $r_4$ ). Αναλυτικότερα, εάν υποθέσουμε ότι το μέσο επιτόκιο καταθέσεων το 2009 αντί για τρία τοις εκατό ήταν πέντε τοις εκατό τότε για το στοχαστικό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 4.23: ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΥΟ ΣΤΑΔΙΩΝ					
TSLP	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	
2010	r4=0.05			r4=0.03	
	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2		ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2
B1	125.030.000	125.030.000	159.877.293	140.000.000	140.000.000
B2	570.478.000	570.478.000	457.880.238	913.065.000	913.065.000
B3	2.225.540.000	2.225.540.000	2.727.245.799	2.255.400.000	2.255.400.000
B4	2.500.000.000	2.500.000.000	3.035.892.113	2.800.000.000	2.800.000.000
B5	420.442.000	420.442.000	321.710.136	478.602.000	478.602.000
P2	259.530.000	259.530.000		602.116.000	602.116.000
P3	90.000.000	90.000.000		90.000.000	90.000.000
S2	0	0		0	0

Από τον πίνακα 4.23 γίνεται φανερό ότι μία αύξηση του επιτοκίου καταθέσεων ( $r_4$ ) από 3% σε 5% σε συνδυασμό με τα επιτόκια των χρεογράφων και δανείων που αναγράφονται στον πίνακα 4.10 θα επηρεάσει τόσο την μεταβλητή του ισολογισμού B3 = καταθέσεις, όσο και τις μεταβλητές B4=δάνεια, B1=ταμείο και B5= ίδια κεφάλαια. Συγκεκριμένα, θα οδηγήσει σε

μείωση της προσφοράς καταθέσεων από την πλευρά του τραπεζικού ιδρύματος λόγω αύξησης του κόστους χρήματος. Επιπρόσθετα, η μείωση των καταθέσεων θα οδηγήσει σε μείωση των ταμειακών διαθεσίμων καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με το ύψος των καταθέσεων, σε μείωση των χορηγούμενων δανείων και σε λιγότερα ίδια κεφάλαια.

#### **4.4 Εφαρμογή του μοντέλου των Booth και Koveos (1986)**

Οι Booth και Koveos όπως ήδη έχουμε αναφέρει ανέπτυξαν ένα στοχαστικό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων (two - stage stochastic linear program with simple recourse - TSLP), το οποίο καλύπτει μόνο μια περίοδο. Το μοντέλο τους αποτελεί μια προέκταση του μοντέλου διαχείρισης χαρτοφυλακίου τραπεζών των Booth και Dash (1979). Περιλαμβάνει τους ίδιους λογαριασμούς ενεργητικού και παθητικού δηλαδή ταμείο, δάνεια, χρεόγραφα, καταθέσεις και ίδια κεφάλαια. Επιπροσθέτως, το μοντέλο είναι κατασκευασμένο έτσι ώστε να θεωρεί τις μεταβλητές των καταθέσεων, των επιτοκίων και των μελλοντικών τιμών των χρεογράφων ως στοχαστικές προσεγγίζοντας περισσότερο την πραγματικότητα. Επίσης, το μοντέλο των Booth και Koveos θεωρεί ότι στο πρώτο στάδιο αποφασίζεται η αγορά χρεογράφων και η χορήγηση δανείων και στο δεύτερο στάδιο αποφασίζεται η πώληση των χρεογράφων. Τέλος, με βάση το ανωτέρω μοντέλο τα χρεόγραφα διακρίνονται σε βραχυπρόθεσμα και σε μακροπρόθεσμα και ενσωματώνεται ως απόφαση πρώτου σταδίου η ικανότητα αντιστάθμισης του επιτοκιακού κινδύνου των μακροπρόθεσμων χρεογράφων με χρήση συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης (futures). Στο σημείο αυτό, πριν προχωρήσουμε στην εφαρμογή του μοντέλου των Booth και Koveos στα δεδομένα του δικού μας τραπεζικού χαρτοφυλακίου κρίνεται απαραίτητο για την καλύτερη κατανόηση του να γίνει μια σύντομη υπενθύμιση των μεταβλητών και των παραμέτρων του.

##### Οι Μεταβλητές του Ισολογισμού

R= ταμειακά αποθέματα

STS=βραχυπρόθεσμα χρεόγραφα

LTS=μακροπρόθεσμα χρεόγραφα

L= δάνεια

D= καταθέσεις

E=ίδια κεφάλαια

#### Οι Μεταβλητές Απόφασης του πρώτου σταδίου

$P_{STS}$ = αγορά βραχυπρόθεσμων χρεογράφων

$P_{LTS}$ = αγορά μακροπρόθεσμων χρεογράφων

$P_L$ = ύψος χορήγησης δανείων

$S_F$ = πώληση συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης (futures)

#### Οι Μεταβλητές Απόφασης του δεύτερου σταδίου

$S_{STS}$ = πώληση βραχυπρόθεσμων χρεογράφων

$S_{LTS}$ = πώληση μακροπρόθεσμων χρεογράφων

#### Παράμετροι και άλλες Μεταβλητές

$\alpha$  = αναλογία των καταθέσεων σε σχέση με τα αποθέματα

$m$  = το μοναδιαίο περιθώριο από την πώληση των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης

$b_{STS}$  = ποσοστό βραχυπρόθεσμων χρεογράφων που λήγουν

$b_{LTS}$ = ποσοστό μακροπρόθεσμων χρεογράφων που λήγουν

$b_L$ = ποσοστό δανείων που λήγουν

$I$ =η μέγιστη ζήτηση για νέα δάνεια

$d$ = η μέγιστη προσφορά νέων καταθέσεων

$c$ = ο μέγιστος επιθυμητός δείκτης δανείων προς καταθέσεις

$r_{STS}$  =επιτόκιο βραχυπρόθεσμων χρεογράφων

$r_{LTS}$  =επιτόκιο μακροπρόθεσμων χρεογράφων

$r_L$  = επιτόκιο δανείων



$r_D$  = επιτόκιο καταθέσεων

$P_{SF}$  = η τιμή πώλησης των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης (futures)

$P_{PF}$  = η τιμή αγοράς των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης (futures)

p =πιθανότητα εκδήλωσης των σεναρίων

n=αριθμός των σεναρίων

$k_{STS}^i$ = κεφαλαιακά κέρδη ή ζημιές που σχετίζονται με την πώληση βραχυπρόθεσμων χρεογράφων κάτω από την εκδήλωση των διαφόρων σεναρίων  $i=1, \dots, n$

$k_{LTS}^i$ = κεφαλαιακά κέρδη ή ζημιές που σχετίζονται με την πώληση μακροπρόθεσμων χρεογράφων κάτω από την εκδήλωση των διαφόρων σεναρίων  $i=1, \dots, n$

$[1-(P_{PF}^i / P_{SF})]$ =το μοναδιαίο κέρδος από την συναλλαγή αγοράς συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης κάτω από την εκδήλωση των διαφόρων σεναρίων για την πλήρη αντιστάθμιση της θέσης πώλησης

\*= υποδηλώνει τις αρχικές τιμές των παραμέτρων και των μεταβλητών (ιστορικές τιμές)

Στη συνέχεια παρατίθενται σε πίνακες οι μεταβλητές του ισολογισμού που θα χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο καθώς και τα δεδομένα μας για τα έτη 2008 και 2009.

Πίνακας 4.24: ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΥ			
	2008	2009	2010
R	206.677.169	145.506.625	159.877.293
STS	2.290.986	977.281	0
LTS	5.054.752	312.163.300	457.880.238
L	2.342.867.109	2.669.420.998	2.727.245.799
D	2.724.957.275	3.005.357.211	3.035.892.113
E	257.308.487	340.645.035	321.710.136

Η επεξήγηση των μεταβλητών του ισολογισμού του πίνακα 4.24 βρίσκεται στη σελίδα 103 - 104 του κεφαλαίου.

Από τον πίνακα 4.24 παρατηρείται μια σημαντική αύξηση του χαρτοφυλακίου των μακροπρόθεσμων χρεογράφων του τραπεζικού ιδρύματος για το έτος 2009 σε σχέση με το 2008. Συγκεκριμένα, τα μακροπρόθεσμα χρεόγραφα (LTS) αυξήθηκαν σε 312,163 εκατ. ευρώ από 5,054 εκατ. ευρώ. Η μεταβολή αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι η τράπεζα προέβη σε αγορά ομολόγων του Ελληνικού Δημοσίου ονομαστικής αξίας 240.000.000 ευρώ. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το εν λόγω πιστωτικό ίδρυμα κατά τη διάρκεια του 2009 προέβη σε αύξηση μετοχικού κεφαλαίου 80,00 εκατ. ευρώ. Επίσης, κατά την λογιστική χρήση του 2008 (1/1/2008-31/12/2008) παρουσιάστηκε αύξηση των καταθέσεων του κατά 17% και κατέφυγε στην διατραπεζική αγορά λαμβάνοντας βραχυπρόθεσμο δάνειο 90,00 εκατ. ευρώ. Συνεπώς, όλα τα ανωτέρω συνηγορούν σε πλεονάζουσα ρευστότητα μέρος της οποίας το τραπεζικό ίδρυμα αποφάσισε να την διοχετεύσει σε αγορά ομολόγων του Ελληνικού Δημοσίου.

Πίνακας 4.25: ΔΕΔΟΜΕΝΑ 2008				
ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ- ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΤΙΜΕΣ			
	ΙΣΤΟΡΙΚΕΣ	ΝΤΕΤΕΡΜΙΝΙΣΤΙΚΕΣ	ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΕΣ	
			ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2
a		0.05		
bsts		0.50		
blts		0.125		
bl		0.20		
c		0.86		
p			0.5	0.5
R	206.677.169			
STS	2.290.986			
LTS	5.054.752			
L	2.342.867.109			
D	2.724.957.275			
E	257.308.487			
rststs	0.0425	0.0475	0.0475	0.0490
rlts	0.05	0.0525	0.0525	0.055
rl	0.09	0.08		
rD			0.04	0.05
l		280.325.414		
d			2.900.000.000	2.724.957.275

PSF		36.728.142		
PPF			36.728.142	36.581.550
m		0.03		

Πίνακας 4.26: ΔΕΔΟΜΕΝΑ 2009				
ΤΙΜΕΣ				
ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΕΣ				
ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ- ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΙΣΤΟΡΙΚΕΣ	ΝΤΕΤΕΡΜΙΝΙΣΤΙΚΕΣ	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2
a		0.05		
bsts		0.50		
blts		0.125		
bl		0.20		
c		0.89		
p			0.5	0.5
R	145.505.626			
STS	977.281			
LTS	309.347.260			
L	2.669.420.998			
D	3.005.357.211			
E	340.645.035			
rststs	0.0473	0.0493	0.0493	0.05
rlts	0.05	0.0525	0.0525	0.055
rl	0.08	0.07		
rD			0.03	0.04
l		90.000.000		
d			3.100.000.000	3.000.000.000
PSF		31.540.000		
PPF			31.540.000	30.000.000
m		0.03		

Η επεξήγηση των μεταβλητών και παραμέτρων του πίνακα 4.25 και 4.26 βρίσκεται στη σελίδα 104 -105 του κεφαλαίου.

Στο σημείο αυτό, έχοντας περιγράψει τις μεταβλητές και τις παραμέτρους του μοντέλου και έχοντας παραθέσει στους πίνακες 4.24, 4.25 και 4.26 τις μεταβλητές του ισολογισμού που θα χρησιμοποιηθούν καθώς και τα δεδομένα μας για τα έτη 2008 και 2009 θα προσπαθήσουμε να επιλύσουμε το ανωτέρω μοντέλο χρησιμοποιώντας την γλώσσα προγραμματισμού AMPL. Συνεπώς, θα βελτιστοποιήσουμε την αντικειμενική συνάρτηση του μοντέλου :

---

Maximize  $p1 * E1 + p2 * E2$ , η οποία υπόκειται στους εξής περιορισμούς:

---

$$R^i \geq \alpha D^i + m S_F, \quad i=1,2$$

$$S_{STS}^i \leq (1-b_{STS})STS^*$$

$$S_{LTS}^i \leq (1-b_{LTS})LTS^*$$

$$S_F \leq (1-b_{LTS})LTS^*$$

$$P_L \leq 1$$

$$D^i \leq d^i$$

$$L \leq cD^i$$

$$STS^i = (1-b_{STS})STS^* + P_{STS} - S_{STS}^i$$

$$LTS^i = (1-b_{LTS})LTS^* + P_{LTS} - S_{LTS}^i$$

$$L = (1-b_L)L^* + P_L$$

$$E^i = r_{STS}^* (1-b_{STS})STS^* + r_{STS} P_{STS} - (r_{STS}^* + k_{STS}^i) S_{STS}^i + r_{LTS}^* (1-b_{LTS})LTS^*$$

$$+ r_{LTS} P_{LTS} - (r_{LTS}^* + k_{LTS}^i) S_{LTS}^i + [1-(p_{PF}^i/p_{PF})] S_F + r_L^* (1-b_L)L^* + r_L P_L -$$

$$r_D^i D^i + E^*$$

$$R^i + STS^i + LTS^i + L = D^i + E^i$$

$$k_{STS}^i = 1 - \left[ r_{STS}^* \sum_{t=1}^{\left(\frac{0.5}{b_{STS}}\right)+0.5} (1 + r_{STS}^i)^{-t} + (1 + r_{STS}^i)^{-\left(\frac{0.5}{b_{STS}}\right)+0.5} \right], i=1,2$$

$$k_{LTS}^i = 1 - \left[ r_{LTS}^i \sum_{t=1}^{\left(\frac{0.5}{b_{LTS}}\right)+0.5} (1 + r_{LTS}^i)^{-t} + (1 + r_{LTS}^i)^{-\left(\frac{0.5}{b_{LTS}}\right)+0.5} \right], i=1,2$$

Όσον αφορά τις παραμέτρους  $b_{STS}$  = ποσοστό βραχυπρόθεσμων χρεογράφων που λήγουν,  $b_{LTS}$  = ποσοστό μακροπρόθεσμων χρεογράφων που λήγουν και  $b_L$  = ποσοστό δανείων που λήγουν λαμβάνοντας υπ' όψιν τα ιστορικά στοιχεία προηγούμενων ετών της τράπεζας σε συνδυασμό με την ανάλυση ληκτότητας των στοιχείων του ενεργητικού της γίνεται η παραδοχή ότι  $b_{STS} = 0.50$ ,  $b_{LTS} = 0.125$  και  $b_L = 0.20$  για το έτος 2008 και  $b_{STS} = 0.50$ ,  $b_{LTS} = 0.125$  και  $b_L = 0.20$  για το έτος 2009. Επιπροσθέτως, με βάση ιστορικά δεδομένα προηγούμενων ετών της τράπεζας θέτουμε τρεις επιπλέον περιορισμούς όσον αφορά την μεταβλητή R=ταμείο και την μεταβλητή E= ίδια κεφάλαια. Συγκεκριμένα, θέσαμε τους εξής περιορισμούς:  $R1 \leq 500.000.000$ ,  $R2 \leq 550.000.000$ ,  $p1 * E1 + p2 * E2 \leq 340.000.000$  για το έτος 2008 και  $R1 \leq 150.000.000$ ,  $R2 \leq 200.000.000$ ,  $p1 * E1 + p2 * E2 \leq 325.000.000$  για το έτος 2009.

Στη συνέχεια παραθέτουμε σε πίνακες τα αποτελέσματα του μοντέλου για τα έτη 2009 και 2010 σε αντιπαράθεση με τα πραγματικά αποτελέσματα του τραπεζικού ισολογισμού.

Πίνακας 4.27: TSLP BOOTH – KOVEOS MODEL 2009			
TSLP	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
<b>2009</b>			
	<b>ΣΕΝΑΡΙΟ 1</b>	<b>ΣΕΝΑΡΙΟ 2</b>	
<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΥ</b>			
R	500.000.000	550.000.000	145.505.626
STS	0	0	977.281
LTS	635.085	2.669.10	312.163.300
L	1.874.290.000	1.874.290.000	2.669.420.998
D	2.179.410.000	2.179.410.000	3.005.357.211
E	202.228.000	252.228.000	340.645.035
<b>ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ Α' ΣΤΑΔΙΟΥ</b>			

PSTS	0	0	
PLTS	0	0	
PL	0	0	
SF	0	0	
<b>ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ Β' ΣΤΑΔΙΟΥ</b>			
SSTS	1.145.490	1.145.490	
SLTS	3.787.820	1.753.800	
<b>p1*E1 + p2*E2 = 227.228.000</b>			

Πίνακας 4.28: TSLP BOOTH – ΚΟΥΕΟΣ MODEL 2010			
TSLP	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
2010			
	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	
<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΥ</b>			
R	150.000.000	200.000.000	159.877.293
STS	488.641	480.640	1.289.017
LTS	263.400.000	265.489.000	456.591.221
L	2.135.540.000	2.135.540.000	2.727.245.799
D	2.399.480.000	2.399.480.000	3.035.892.113
E	196.382.000	246.382.000	321.710.136
<b>ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ Α' ΣΤΑΔΙΟΥ</b>			
PSTS	0	0	
PLTS	0	0	
PL	0	0	
SF	0	0	
<b>ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ Β' ΣΤΑΔΙΟΥ</b>			
SSTS	0	0	
SLTS	7.278.680	5.189.760	
<b>p1*E1 + p2*E2 = 231.382.000</b>			

Με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου, τόσο για το έτος 2009 όσο και για το έτος 2010 το τραπεζικό ίδρυμα σε περίπτωση που υλοποιηθεί το πρώτο σενάριο εν αντιθέσει με το δεύτερο

θα πρέπει να ρευστοποιήσει μεγαλύτερο μέρος των μακροπρόθεσμων χρεογράφων του. Επίσης, σύμφωνα με το παραπάνω υπόδειγμα δεν κρίνεται σκόπιμο να γίνει αντιστάθμιση του επιτοκιακού κινδύνου των μακροπρόθεσμων χρεογράφων με χρήση συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης. Επιπλέον, η σύγκριση των αποτελεσμάτων του υποδείγματος με τα πραγματικά αποτελέσματα των χρηματοοικονομικών καταστάσεων του τραπεζικού ιδρύματος για το έτος 2009 οδήγησε στο συμπέρασμα ότι το εν λόγω μοντέλο ωθεί το πιστωτικό ίδρυμα να ακολουθήσει μια πιο συντηρητική πολιτική όσον αφορά την χορήγηση των δανείων και την διακράτηση ταμειακών αποθεμάτων. Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι αποκλίσεις του μοντέλου όσον αφορά το χαρτοφυλάκιο των χρεογράφων οφείλεται στο γεγονός ότι το μοντέλο βασίζεται στα δεδομένα του προηγούμενου έτους και δεν λαμβάνει υπ' όψιν την πολιτική της τράπεζας η οποία προέβη σε αγορά ομολόγων του Ελληνικού Δημοσίου ονομαστικής αξίας 240.000.000 ευρώ που αφορούν ενέχυρο για τη παροχή ρευστότητας από τη Τράπεζα Ελλάδος. Τέλος, όσον αφορά για το έτος 2010 τα αποτελέσματα του μοντέλου συγκλίνουν ακόμη περισσότερο με τα πραγματικά αποτελέσματα των χρηματοοικονομικών καταστάσεων του τραπεζικού ιδρύματος. Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να σημειώσουμε ότι όσο και εάν μεταβάλλουμε το  $b_{STS}$  δηλαδή το ποσοστό των βραχυπρόθεσμων χρεογράφων που λήγουν εντός της περιόδου δεν επηρεάζονται τα αποτελέσματα του μοντέλου. Αντιθέτως, μεταβολή του ποσοστού των μακροπρόθεσμων χρεογράφων που λήγουν εντός της περιόδου δηλαδή του  $b_{LTS}$  επιφέρει μεταβολή στο  $LTS$ =μακροπρόθεσμα χρεόγραφα. Συγκεκριμένα όσο μικρότερο  $b_{LTS}$  τόσο μεγαλύτερο  $LTS$ . Τέλος, εάν υποθέσουμε ότι το  $b_L$ = το ποσοστό των δανείων που λήγουν εντός της περιόδου αντί για 0.20 το 2009 ήταν 0.40 θα έπρεπε το εν λόγω τραπεζικό ίδρυμα το 2010 να αντισταθμίσει τον κίνδυνο από την αγορά μακροπρόθεσμων χρεογράφων με πώληση συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης δηλαδή  $S_F=4.802.010$ . Εν κατακλείδι, το στοχαστικό μοντέλο των Booth και Koneos θα ήταν χρήσιμο ως ένα εργαλείο ανάλυσης ευαισθησίας καθώς παρέχει ένα μέσο για το εν λόγω τραπεζικό ίδρυμα να ερευνήσει την επίπτωση των εναλλακτικών οικονομικών σεναρίων στη διάρθρωση των στοιχείων του ενεργητικού και παθητικού του και σε συνδυασμό με την στρατηγική-πολιτική του να διασφαλίζεται η βέλτιστη διαχείριση των περιουσιακών του στοιχείων και κατ' επέκταση η κερδοφορία του.

**4.5 Σύγκριση του στοχαστικού μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων (two-stage stochastic linear program with simple recourse, TSLP) των Booth και Dash (1979) με το μοντέλο των Booth και Koneos (1986)**

Έχοντας ήδη αναλύσει το στοχαστικό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων (two - stage stochastic linear program with simple recourse - TSLP) των Booth-Dash (1979) και των Booth-Koneos (1986) θα ήταν χρήσιμο να γίνει μια σύγκριση μεταξύ των έχοντας ως σημείο αναφοράς τα πραγματικά αποτελέσματα των χρηματοοικονομικών καταστάσεων του τραπεζικού ιδρύματος για τα έτη 2009 και 2010.

Για τον λόγο αυτό, παραθέτουμε σε πίνακες τα αποτελέσματα και των δύο μοντέλων για τα έτη 2009 και 2010.

Πίνακας 4.29: BOOTH – DASH 2009			
TSLP	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
	2009		2009
	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	
B1	125.271.000	125.271.000	145.506.625
B2	600.269.000	600.269.000	313.140.581
B3	2.154.620.000	2.154.620.000	2.669.420.998
B4	2.500.000.000	2.500.000.000	3.005.357.211
B5	375.269.000	375.269.000	340.645.035
P2	595.127.000	595.127.000	
P3	275.706.000	275.706.000	
S2	0	0	



Πίνακας 4.30: BOOTH – ΚΟΝΕΟΣ 2009			
TSLP	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
2009			
	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	
<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΥ</b>			
R	500.000.000	550.000.000	145.505.626
STS	0	0	977.281
LTS	635.085	2.669.10	312.163.300
L	1.874.290.000	1.874.290.000	2.669.420.998
D	2.179.410.000	2.179.410.000	3.005.357.211
E	202.228.000	252.228.000	340.645.035
<b>ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ Α' ΣΤΑΔΙΟΥ</b>			
PSTS	0	0	
PLTS	0	0	
PL	0	0	
SF	0	0	
<b>ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ Β' ΣΤΑΔΙΟΥ</b>			
SSTS	1.145.490	1.145.490	
SLTS	3.787.820	1.753.800	
<b>p1*E1 + p2*E2 = 227.228.000</b>			

Αναλυτικότερα, για το έτος 2009 λαμβάνοντας υπ' όψιν τα δεδομένα του τραπεζικού ισολογισμού για το 2008 παρατηρούμε ότι το στοχαστικό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων των Booth - Dash (1979) προσεγγίζει με μεγαλύτερη επιτυχία τα πραγματικά αποτελέσματα των χρηματοοικονομικών καταστάσεων του τραπεζικού ιδρύματος εν αντιθέσει με το μοντέλο των Booth - Koneos (1986). Επίσης, η χρήση του μοντέλου των Booth-Koneos ωθεί την τράπεζα να ακολουθήσει μια πιο συντηρητική πολιτική όσον αφορά την χορήγηση δανείων προς τους πελάτες της και να κρατά μεγαλύτερο μέρος των καταθέσεών της σε μορφή ταμειακού αποθέματος.

Πίνακας 4.31: BOOTH – DASH 2010			
TSLP	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
	2010		2010
	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	
B1	140.000.000	140.000.000	159.877.293
B2	913.065.000	913.065.000	457.880.238
B3	2.255.400.000	2.255.400.000	2.727.245.799
B4	2.800.000.000	2.800.000.000	3.035.892.113
B5	478.602.000	478.602.000	321.710.136
P2	602.116.000	602.116.000	
P3	90.000.000	90.000.000	
S2	0	0	

Πίνακας 4.32: BOOTH – ΚΟΒΕΟΣ 2010			
TSLP	ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
2010			
	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	
<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΥ</b>			
R	150.000.000	200.000.000	159.877.293
STS	488.641	480.640	1.289.017
LTS	263.400.000	265.489.000	456.591.221
L	2.135.540.000	2.135.540.000	2.727.245.799
D	2.399.480.000	2.399.480.000	3.035.892.113
E	196.382.000	246.382.000	321.710.136
<b>ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ Α' ΣΤΑΔΙΟΥ</b>			
PSTS	0	0	
PLTS	0	0	
PL	0	0	
SF	0	0	
<b>ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ Β' ΣΤΑΔΙΟΥ</b>			
SSTS	0	0	
SLTS	7.278.680	5.189.760	
<b>p1*E1 + p2*E2 = 231.382.000</b>			

Όσον αφορά για έτος 2010, λαμβάνοντας υπ' όψιν τα δεδομένα του τραπεζικού ισολογισμού για το 2009 παρατηρούμε ότι το στοχαστικό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων των Booth και Koneos (1986) προσεγγίζει με μεγαλύτερη επιτυχία τα πραγματικά αποτελέσματα των χρηματοοικονομικών καταστάσεων του τραπεζικού ιδρύματος εν αντιθέσει με το μοντέλο των Booth και Dash (1979). Επιπλέον, με την χρήση του μοντέλου των Booth και Koneos (1986) το εν λόγω τραπεζικό ίδρυμα θα χρειαζόταν να κρατά λιγότερα ίδια κεφάλαια απ' αυτά που απεικονίζονται στις χρηματοοικονομικές του καταστάσεις. Συνεπώς, το πιο από τα δύο ανωτέρω μοντέλα είναι καλύτερο για το τραπεζικό ίδρυμα θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό από την πολιτική που επιθυμεί να ακολουθήσει η Διοίκηση του και από τα αποτελέσματα που θέλει να εμφανίσει στους μετόχους του και στο ευρύ καταναλωτικό και επενδυτικό κοινό. Εν κατακλείδι, οφείλουμε να επισημάνουμε ότι το μοντέλο των Booth και Koneos (1986) συγκριτικά με το μοντέλο των Booth και Dash (1979) είναι πιο πλήρες καθώς παρέχει την δυνατότητα της διάκρισης των χρεογράφων του πιστωτικού ιδρύματος σε βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα και εξετάζει το κατά πόσο συμφέρει ή όχι να γίνει αντιστάθμιση του επιτοκιακού κινδύνου των μακροπρόθεσμων χρεογράφων με χρήση παραγώγων.

Βέβαια, παρά το γεγονός ότι η ανάπτυξη των ανωτέρων μοντέλων διαχείρισης ενεργητικού και παθητικού παρέχει τη δυνατότητα στα τραπεζικά στελέχη να προχωρούν σε διάφορα σενάρια της οικονομικής τους πορείας για το μέλλον και να εφαρμόζουν μακροπρόθεσμες στρατηγικές διαχείρισης ενεργητικού και παθητικού προκειμένου να πετύχουν τη βέλτιστη και αποτελεσματικότερη πολιτική διαχείρισης, η έρευνα στο χώρο αυτό παρουσιάζει σημαντικές προοπτικές περαιτέρω διερεύνησης.

## Παράρτημα

Η επίλυση του στοχαστικού μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού δύο σταδίων (two - stage stochastic linear program with simple recourse - TSLP) των Booth-Dash (1979)

---

TSLP\_08\_09\_BOOTH\_DASH

---

```
reset;
param a:=0.05;
param b:=0.30;
param c:=0.20;
param d :=280325414.0;
param e1:=2900000000.0;
param e2:=2500000000.0;
param f:=0.86;
param rr2:=0.0425;
param r2:=0.05;
param r21:=0.055;
param r22:=0.0475;
param rr3:=0.09;
param r3:=0.08;
param r4:=0.04;
param p1:=0.5;
param p2:=0.5;
param BB2 := 7345738.0;
param BB3 := 2342867109.0;
param BB5 := 257308487.0;
param B1 := 206677169.0;
param B4 := 2724957275.0;
```

var B3 >= 0;  
 var B11 >= 0;  
 var B12 >= 0;  
 var B21 >= 0;  
 var B22 >= 0;  
 var B41 >= 0;  
 var B42 >= 0;  
 var B51 >= 0;  
 var B52 >= 0;  
 var P2 >= 0;  
 var P3 >= 0;  
 var S2 >= 0;  
 var S21 >= 0;  
 var S22 >= 0;

maximize obj: p1\*B51 + p2\*B52;

con1: B11 >= a\*B41;  
 con2: B12 >= a\*B42;  
 con3: B21 - ((1-b)\*BB2+P2-S21) = 0;  
 con4: B22 - ((1-b)\*BB2+P2-S22) = 0;  
 con5: S21 <= (1-b)\*BB2;  
 con6: S22 <= (1-b)\*BB2;  
 con7: B3 - ((1-c)\*BB3+P3) = 0 ;  
 con8: P3 <= d;  
 con9: B41 <= e1;  
 con10: B42 <= e2;  
 con11: B3 <= f\*B41;  
 con12: B3 <= f\*B42;  
 con13: B51 - (r2\*(1-b)\*BB2 + r2\*P2 - (r2 - (r2/r21) + 1)\*S21 + r3\*(1-c)\*BB3 + r3\*P3 - r4\*B41 + BB5) = 0;

con14:  $B5 - (r2*(1-b)*BB2 + r2*P2 - (r2 - (r2/r22) + 1)*S22 + r3*(1-c)*BB3 + r3*P3 - r4*B42 + BB5) = 0;$

con15:  $B11 + B21 + B3 - B41 - B51 = 0;$

con16:  $B12 + B22 + B3 - B42 - B52 = 0;$

solve;

display B11, B12, B21, B22, B3, B41, B42, B51, B52;

display P2, P3, S21, S22 ;

display p1\*B51 + p2\*B52;

MINOS 5.5: optimal solution found.

5 iterations, objective 375269000.3

B11 = 1.25e+08

B12 = 1.25e+08

B21 = 600269000

B22 = 600269000

B3 = 2.15e+09

B41 = 2.5e+09

B42 = 2.5e+09

B51 = 375269000

B52 = 375269000

P2 = 595127000

P3 = 275706000

S21 = 0

S22 = 0

p1\*B51 + p2\*B52 = 375269000

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## Βιβλιογραφία

### **I. Ελληνική βιβλιογραφία**

Αλεξιάκης, Π. και Πετράκης Π., (1988), “Εμπορικές και Αναπτυξιακές Τράπεζες”, Εκδόσεις Παπαζήση.

Γκόρτσος, Χρ., (2006), “Ρυθμιστική παρέμβαση και εποπτεία του χρηματοπιστωτικού τομέα”, σελ. 519-540.

Γκόρτσος, Χρ. και Λιβαδά Χ.Κ. (2009β), “Η τρέχουσα χρηματοπιστωτική κρίση: ρυθμιστικές παρεμβάσεις σε διεθνές ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο”, Χρηματοπιστωτικό δίκαιο, Νομική Βιβλιοθήκη, Αθήνα.

Γκόρτσος, Χρ., (2011), “Εισαγωγή στο διεθνές χρηματοπιστωτικό δίκαιο: Πριν και μετά την πρόσφατη (2007-2009) διεθνή χρηματοπιστωτική κρίση”, σελ. 125-154.

Ζοπουνίδης, Κ., (1998), “Ανάλυση και Διαχείριση Χρηματοοικονομικών Κινδύνων: Πολυκριτήριες Προσεγγίσεις”, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

Μαγουλά, Ν., (2010), “Στοχαστικός (Γραμμικός) Προγραμματισμός”, ΜΠΣ Μαθηματικά των υπολογιστών και των αποφάσεων, Πάτρα, σελ. 23-24.

Προβόπουλος, Γ. και Καπόπουλος, Π., (2001), “Η Δυναμική του Χρηματοοικονομικού Συστήματος, Εκδόσεις Κριτική”, Αθήνα.

Χαρδούβελης, Γκ. Α. (2011α), “Το χρονικό της διεθνούς και συνακόλουθης ελληνικής και ευρωπαϊκής κρίσης: αίτια, επιπτώσεις, αντιδράσεις, προοπτική”, στον συλλογικό τόμο: Καραμούζης, Ν. Β. Και Γκ. Α. Χαρδούβελης: “ Από τη διεθνή κρίση στην κρίση της Ευρωζώνης: Τι μας επιφυλάσσει το μέλλον”, Εκδοτικός Οργανισμός Λιβάνη, Αθήνα, σελ. 31-128.

Χαρδούβελης, Γκ. Α. (2011β), “Η υπερκυκλικότητα του διεθνούς χρηματοπιστωτικού συστήματος και προτάσεις για τη μείωση της”, στον συλλογικό τόμο: Καραμούζης, Ν. Β. Και Γκ. Α. Χαρδούβελης: “Από τη διεθνή κρίση στην κρίση της Ευρωζώνης: Τι μας επιφυλάσσει το μέλλον”, Εκδοτικός Οργανισμός Λιβάνη, Αθήνα, σελ. 325-379.

### **II. Ξένη βιβλιογραφία**

Bradley, S.P., and Crane, D.B. (1972), “A Dynamic Model for Bond Portfolio Management”, *Management Science* 19, 139-151.

Birge J. R., and Louveaux F., “Introduction to Stochastic Programming”, Springer, 1997.

Booth, G.G. (1972), “Programming Bank Portfolios under Uncertainty: An Extension”, *Journal of Bank Research* 2, 28-40.

- Brodth, A.I. (1978), "Dynamic Balance Sheet Management Model for a Canadian Chartered Bank", *Journal of Banking and Finance*, 2/3, 221-241.
- Booth, G.G., and Dash G.H., Jr. (1979), "Alternate Programming Structures for Banks Portfolios", *Journal of Banking and Finance*, 3, 67-82.
- Booth, G.G., and Koveos P.E. (1986), " A Programming Model for Bank Hedging Decisions", *Journal of Financial Research*, Vol. IX, No.3, 271-279.
- Chambers, D. and Charnes, A. (1961), "Inter-Temporal Analysis and Optimization of Bank Portfolios", *Management Science*, 7, 393-410.
- Charnes, A. and Littlechild, S.C. (1968), "Intertemporal Bank Asset Choice with Stochastic Dependence", *Systems Research Memorandum No.188*, The Technological Institute, Northwestern University, Evanston, Illinois.
- Charnes, A. and Thore, S. (1966), "Planning for Liquidity in Financial Institution: The Chance Constrained Method", *Journal of Finance*, 21/4, 649-674.
- Cohen , K.J. and Hammer, F.S. (1967), "Linear Programming and Optimal Bank Asset Management Decisions", *Journal of Finance*, 22, 42-61.
- Cohen, K.J. and Thore, S. (1970), "Programming Bank Portfolios under Uncertainty", *Journal of Bank Research*, 2, 28-40.
- Crane, B. (1971), "A Stochastic Programming Model for Commercial Bank Bond Portfolio Management", *Journal of Financial Quantitative Analysis* 6, 955-976.
- Dantzig, B. and Glynn, P. (1990), "Parallel Processors for Planning under Uncertainty", *Annals of Operations Research* 22, 1-21.
- Dermine J., "ALM in banking", *Handbook of Asset and Liability Management*, 2008.
- Derwa, L. (1972), "Computer Models: Aids to management at Societe Generale de Banque", *Journal of Bank Research*, 4/3, 212-224.
- Eatman, L. and Sealey Jr. (1979), "A Multi-objective Linear Programming Model for Commercial bank Balance Sheet Management", *Journal of Bank Research*, 9, 227-236.
- Eppen, G.D. and Fama, E.F. (1971), "Three Asset Cash Balance and Dynamic Portfolio Problems", *Management Science*. 17, 311-319.
- Fielitz, D. and Loeffler, A. (1979), "A Linear Programming Model for Commercial Bank Liquidity Management", *Financial Management*, 8/3, 44-50.
- Giokas, D. and Vassiloglou, M. (1991), "A Goal Programming Model for Bank Assets and Liabilities", *European Journal of Operations Research*, 50, 48-60.



- Grubmann, N. (1987), "BESMOD: A Strategic Balance Sheet Simulation Model", *European Journal of Operations Research* 30, 30-34.
- Güven, S. and Persentili, E. (1997), "A Linear Programming Model for Bank Balance Sheet Management", *Omega, International Journal of Management Science*, 25/4, 449-459.
- Kallberg, J.G., White, R.W., and Ziemba, W.T. (1982), "Short Term Financial Planning under Uncertainty", *Management Science*, 28, 670-682.
- Kira, D.S. and Kusy, M.I. (1990), "A Stochastic Capital Rationing Model", *Journal of Operational Research Society*, 41, 853-863.
- Komar, R. (1971), "Developing a Liquidity Management Model", *Journal of Bank Research*, 38-53.
- Kosmidou K. and Zopounidis C. (2002), "A Multiobjective Methodology for Bank Asset Liability Management", Pardalos P., V. Tsitsiringos (Eds.), *Financial Engineering, e-Commerce and Supply Chain*, Kluwer Academic Publishers, 139-150.
- Kosmidou K. and Zopounidis C. (2004), "Goal Programming Techniques for Bank Asset Liability Management", Kluwer Academic Publishers,
- Kusy, I. M., Ziemba, T. W., (1986), "A Bank Asset and Liability Management model", *Operations Research*, 34/3, May-June 1986, 356-376.
- Lifson, K.A. and Blackman, B.R. (1973), "Simulation and Optimization Models for Asset Deployment and Funds Sources Balancing Profit Liquidity and Growth", *Journal of Bank Research*, 4/3, 239-255.
- Markowitz, H.M. (1952), "Portfolio Selection", *Journal of Finance*, 7/1, 77-91.
- Mulvey, J.M. and Crowder, H.P. (1979), "Cluster Analysis: An Application of Lagrangian Relaxation", *Management Science*, 25/4, 329-340.
- Mulvey, J.M. and Vladimirou, H. (1992), "Stochastic Network Programming for Financial Planning Problems", *Management Science* 38, 1642-1663.
- Oguzsoy C.B. and Güven S. (1997), "Bank Asset and Liability Management under uncertainty", *European Journal of Operational Research* 102, 575-600.
- Persentili, E. (1992), "A Linear Programming Model Approach to Balance Sheet Management by Banks", Unpublished M.S. Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Pogue, G.A., and Bussard, R.N. (1972), "A Linear Programming Model for Short Term Financial Planning under Uncertainty", *Sloan Management Review* 13, 69-98.
- Porter, R., (1962), "A Model of Bank Portfolio Selection", *Yale Economic Essays*, 2/1, 323-529.

Pyle, D.H. (1971), "On the Theory of Financial Intermediation", *Journal of Finance* 26, 737-746.

Robertson, M. (1972), "A Bank Asset Management Model", Eilon, S. and Fowkes, T.R. (Eds.), *Applications of Management Science in Banking and Finance*, Gower Press, Epping, Essex, 149-158.

Robinson, R.S. (1973), "BANKMOD: An Interactive Simulation Aid for Bank Financial Planning", *Journal of Bank Research*, 4/3, 212-224.

Sodhi S. ManMohan, (2005), " LP Modeling for Asset-Liability Management: A Survey of Choices and Simplifications", *Operations Research*, Vol. 53, March-April 2005, 181-196.

Wets, R.J.-B, (1966), "Programming under Uncertainty: the Complete Problem", *Z. Wahrscheinlichk Verw. Gebiete* 4, 316-339.

Wets, R.J.-B, (1983), "Solving Stochastic Programs with Simple Recourse", *Stochastics*, 10, 219-242.

Wolf, C.R., (1969), "A Model for Selecting Commercial Bank Government Security Portfolios", *Rev. Econ. Stat.* 1, 40-52.

[http://www.bankofgreece.gr/BogEkdoseis/Inter\\_NomPol2011.pdf](http://www.bankofgreece.gr/BogEkdoseis/Inter_NomPol2011.pdf).