



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ &
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Υλοποίηση Ολοκληρωμένου Πληροφοριακού
Συστήματος Μηχανικής Μετοχικών
Χαρτοφυλακίων με Χρήση Παθητικών Στρατηγικών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μιχαήλ Άγγελος Κ. Φρουζής

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Δεκέμβριος 2014



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ &
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Υλοποίηση Ολοκληρωμένου Πληροφοριακού
Συστήματος Μηχανικής Μετοχικών
Χαρτοφυλακίων με Χρήση Παθητικών Στρατηγικών**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μιχαήλ Άγγελος Κ. Φρουζής

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 18^η Δεκεμβρίου 2014.

Ψαρράς Ι.
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Ασημακόπουλος Β.
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Ασκούνης Δ.
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Δεκέμβριος 2014



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ &
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Μιχαήλ Αγγελος Κ. Φρουζής

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών
Ε.Μ.Π.

Copyright © ΜΙΧΑΗΛ ΑΓΓΕΛΟΣ Κ. ΦΡΟΥΖΗΣ, 2014 Με επιφύλαξη παντός
δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας
εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό.
Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη
κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση
να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.
Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό
πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο
εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι
αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου
Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διεθνοποίηση και η διεύρυνση των χρηματιστηριακών αγορών που συντελείται τις τελευταίες δεκαετίες σε παγκόσμια κλίμακα, επήλθε ως αποτέλεσμα των ραγδαίων εξελίξεων αφενός στα τεχνολογικά δεδομένα, σε επίπεδο μέσων επικοινωνίας, και αφετέρου στο δυναμικά διαμορφούμενο οικονομικό περιβάλλον. Μια από τις έμμεσες συνέπειες αυτών ήταν η είσοδος στις χρηματιστηριακές αγορές ολοένα και περισσότερων ανεξάρτητων μικρών επενδυτών οι οποίοι δεν είχαν εμπειρία στη διαχείριση χαρτοφυλακίων και επιπλέον δεν μπορούσαν να ανεχθούν αφενός τα υψηλά διαχειριστικά κόστη που απαιτούνται για να αναθέσουν τη διαχείριση των χαρτοφυλακίων τους σε εξειδικευμένα γραφεία, και αφετέρου τα υψηλά επίπεδα κινδύνου που εμπεριέχουν οι ενεργές μέθοδοι διαχείρισης χαρτοφυλακίων.

Αυτό οδήγησε στην ανάδειξη και διάδοση των παθητικών στρατηγικών διαχείρισης χαρτοφυλακίων, οι οποίες περιορίζουν σημαντικά τα δύο παραπάνω μειονεκτήματα και οι οποίες είναι και το αντικείμενο μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η ταχεία διάδοση αυτών των στρατηγικών, σε συνδυασμό με την διαρκή προσπάθεια για αποκοπή της διαδικασίας σύνθεσης χαρτοφυλακίου από τα υψηλά διαχειριστικά κόστη που επιβάλλουν τα επενδυτικά γραφεία, αναδεικνύει την αναγκαιότητα της αξιοποίησης της Πληροφορικής για την εφαρμογή και αξιολόγηση των προαναφερθέντων στρατηγικών προς επίτευξη του ζητούμενου αποτελέσματος.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ενός Πληροφοριακού Συστήματος «*Index Tracker*», το οποίο θα αναλαμβάνει, δεχόμενο σαν είσοδο τις προτιμήσεις και τους περιορισμούς του χρήστη, την σύνθεση και την αξιολόγηση του χαρτοφυλακίου χρηματιστηριακών μετοχών που αντιγράφει καλύτερα την πορεία του επιλεγμένου χρηματιστηριακού Δείκτη.

Ο αλγόριθμος που αποτελεί την βάση του «*Index Tracker*» βασίζεται στο μοντέλο που προτάθηκε από τον καθηγητή J.E. Beasley και συνθέτει το ζητούμενο χαρτοφυλάκιο ελαχιστοποιώντας την τεταγμένη (intercept) και την απόκλιση από την μονάδα της κλίση (slope) του μοντέλου της γραμμής παλινδρόμησης (Linear Regression Model) που προκύπτει από την παλινδρόμηση των αποδόσεων του υπό κατασκευή χαρτοφυλακίου έναντι των αποδόσεων του δείκτη αναφοράς.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Θεωρία Χαρτοφυλακίου, Σύνθεση και Αξιολόγηση Χρηματιστηριακών Μετοχικών Χαρτοφυλακίων, Παθητικές Στρατηγικές Διαχείρισης Χαρτοφυλακίου, Στρατηγική Αντιστοίχισης, Στρατηγική Ενισχυμένης Αντιστοίχισης

ABSTRACT

The internationalization and the expansion of the stock markets that are taking place the last decades on a worldwide scale, came as a result of the startling developments, on the one hand in the technological data, on the media level, and on the other hand in the financial environment that is formed dynamically. One of the indirect consequences of these developments was the entrance of more and more small, independent investors into the stock markets. These investors did not have the experience of portfolios management and in addition they could not tolerate, on the one hand the high administrative costs that are required in order for them to assign the portfolios management to specialized offices and on the other hand the high risk that the active methods of portfolios management contains.

This led to the elevation and spread of the passive portfolios management strategies which reduce significantly the two above drawbacks and which are the object of the study of the present diploma thesis. The prompt spread of these strategies, in combination with the constant attempt to cut the procedure of portfolio composition off the high administrative costs that the investment offices impose, highlights the necessity of the development of Computer Science for the application and evaluation of the above-mentioned strategies in order for the requested result to be achieved.

The purpose of the present diploma thesis is the planning and the development of an Integrated Computer System, called "Index Tracker", which will undertake, according to the preferences and the restrictions of the investor, the composition and evaluation of the stocks portfolio that replicate the best the progress of the chosen stock index.

The algorithm that constitutes the foundation of the "Index Tracker" is based on the model proposed by the professor J.E Beasley that composes the requested portfolio by minimizing the intercept (alpha) and the slope (beta) coefficients of the Linear Regression Model which arises from the regression of the returns of the under construction portfolio against the returns of the benchmark index.

KEYWORDS

Portfolio Theory, Composition and Evaluation of Equity Securities Portfolios, Passive Portfolios Management Strategies, Indexing, Enhanced Indexation

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν με οποιονδήποτε τρόπο στην επιτυχή εκπόνηση της. Αισθάνομαι την ιδιαίτερη υποχρέωση να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ιωάννη Ψαρρά, για την επίβλεψη αυτής της διπλωματικής εργασίας και για την ευκαιρία που μου έδωσε να την εκπονήσω στο εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων Διοίκησης.

Στην συνέχεια, ευχαριστώ ιδιαίτερα τον επιστημονικό συνεργάτη του εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων Διοίκησης κ. Παναγιώτη Ξυδώνα, για την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε, και ελπίζω πραγματικά να συνεχίσουμε να έχουμε στο μέλλον.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές της σχολής ΗΜΜΥ του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου που με καθοδήγησαν τα τελευταία πέντε χρόνια στο πολύ ενδιαφέρον και ευρύ αντικείμενο του ηλεκτρολόγου μηχανικού. Ιδιαίτερη μνεία πρέπει να γίνει στον καθηγητή κ. Βασίλη Ασημακόπουλο και τον αναπληρωτή καθηγητή κ. Δημήτρη Ασκούνη για την τιμή που μου έκαναν να συμμετάσχουν στην επιτροπή εξέτασης της διπλωματικής μου εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
1.1 Εισαγωγή	19
1.2 Στόχος και Αντικείμενο Διπλωματικής	21
1.3 Συμβολή και Αξία Διπλωματικής	22
1.4 Δομή της Διπλωματικής	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΜΕΤΟΧΙΚΩΝ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΩΝ	21
2.1 Εισαγωγή	25
2.2 Η Διαδικασία της Διαχείρισης Χαρτοφυλακίων.....	26
2.3 Η Προβληματική της Διαχείρισης Μετοχικών Χαρτοφυλακίων	28
2.4 Στρατηγικές Διαχείρισης Μετοχικών Χαρτοφυλακίων	30
2.4.1 Ενεργητικές Στρατηγικές (Active Portfolio Management Strategies)....	31
2.4.2 Παθητικές Στρατηγικές (Passive Portfolio Management Strategies)	34
2.4.3 Σύγκριση Ενεργητικών και Παθητικών Στρατηγικών Διαχείρισης	40
2.5 Επισκόπηση Μεθοδολογικού Πλαισίου	41
2.6 Επισκόπηση Βιβλιογραφίας για Σχετιζόμενες Μεθοδολογίες	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	55
3.1 Εισαγωγή	59
3.2 Χρησιμοποιούμενα Εργαλεία	59
3.2.1 Μικτός Ακέραιος Γραμμικός Προγραμματισμός	59
3.2.2 Μοντέλο Γραμμικής Παλινδρόμησης.....	60
3.3 Αναλυτική Περιγραφή Μοντέλου Βελτιστοποίησης.....	62
3.3.1 Στρατηγική Αντιστοίχισης Δείκτη	65
3.3.2 Μεθοδολογία Ενισχυμένης Αντιστοίχισης Δείκτης	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	68

4.1	Επισκόπηση Πληροφοριακού Συστήματος	73
4.2	Μοντέλο Επιχειρηματικού Σεναρίου	75
4.3	Διαγράμματα Αλληλεπίδρασης	80
4.4	Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....		80
5.1	Περιγραφή Δεικτών	85
5.2	Παρουσίαση Αποτελεσμάτων Προσομοίωσης	90
5.2.1	Παραμετροποίηση και Διαδικασία Προσομοίωσης	90
5.2.2	Παρουσίαση Αποτελεσμάτων Προσομοίωσης	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....		105
6.1	Γενικά.....	111
6.2	Μειονεκτήματα Μεθοδολογίας	111
6.3	Μελλοντικές Προοπτικές – Επεκτάσεις	112
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΚΩΔΙΚΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ.....		108
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....		121
1.	Γενικά	129
2.	Έναρξη Λειτουργίας Εφαρμογής και Είσοδος στο Σύστημα.....	129
3.	Αλλαγή “Username” και “Password”	131
4.	Δεδομένα Λειτουργίας Εφαρμογής	132
5.	Φόρτωση Τρέχοντος Χαρτοφυλακίου	133
6.	Εκκίνηση Διαδικασίας Βελτιστοποίησης	138
7.	Διαδικασία Βελτιστοποίησης	139
7.1	Κατασκευή Χαρτοφυλακίου με Δεδομένα από Yahoo!Finance	139
7.2	Κατασκευή Χαρτοφυλακίου με Δεδομένα από .csv αρχείο	144
7.3	Αναθεώρηση Χαρτοφυλακίου (με Δεδομένα από Yahoo!Finance)	145
8.	Αδύνατο Σύστημα (Infeasibility)	146
9.	Παρουσίαση Αποτελεσμάτων Βελτιστοποίησης	147
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		151

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΚΘΕΜΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΜΕΤΟΧΙΚΩΝ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΩΝ

Πίνακας 2.1	Τίτλοι δημοσιεύσεων που χρησιμοποιήθηκαν στην βιβλιογραφική επισκόπηση	46
Σχήμα 2.1	Η διαδικασία της διαχείρισης χαρτοφυλακίων	28
Σχήμα 2.2	Στρατηγικές διαχείρισης χαρτοφυλακίων	32

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Σχήμα 3.1	Μοντέλο γραμμική παλινδρόμησης	61
-----------	--------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Οθόνη 4.1	Επιλογή μεθόδου λήψης ιστορικών κλεισιμάτων	76
Οθόνη 4.2	Επιλογή δείκτη	76
Οθόνη 4.3	Επιλογή μετοχών	77
Οθόνη 4.4	Επιλογή χρονικού εύρους ιστορικών κλεισιμάτων μετοχών	77
Οθόνη 4.5	Εισαγωγή περιορισμών	78
Οθόνη 4.6	Επισκόπηση και αποθήκευση βέλτιστου χαρτοφυλακίου	78
Σχήμα 4.1	Λογικό διάγραμμα ροής εκτέλεσης	74
Σχήμα 4.2	Διάγραμμα περίπτωσης χρήστη (UML)	79
Σχήμα 4.3	Επικοινωνιακό διάγραμμα (UML)	80
Σχήμα 4.4	Ακολουθιακό διάγραμμα (UML)	81
Σχήμα 4.5	Σύγκριση επίδοσης του Gurobi Solver με άλλα εμπορικά πακέτα	84

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Πίνακας 5.1	Προϋποθέσεις εισαγωγής μετοχής στο Χ.Α. του Hong Kong	90
Πίνακας 5.2	Νόμισμα έκφρασης κάθε δείκτη	91
Πίνακας 5.3	Πλήθος συμμετεχόντων μετοχών για κάθε δείκτη στην διαδικασία προσομοίωσης	92
Πίνακας 5.4	Αποτελέσματα μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον S&P 500	95

Πίνακας 5.5	Αποτελέσματα μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον Euro Stoxx 50	96
Πίνακας 5.6	Αποτελέσματα μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον German DAX	97
Πίνακας 5.7	Αποτελέσματα μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον FTSE 100	98
Πίνακας 5.8	Αποτελέσματα μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον Hang Seng	99
Πίνακας 5.9	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για παραμέτρους παλινδρόμησης του μοντέλο στρατηγικής αντιστοίχισης	100
Πίνακας 5.10	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για αποδόσεις χαρτοφυλακίων του μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης	101
Πίνακας 5.11	Αποτελέσματα μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον S&P 500	102
Πίνακας 5.12	Αποτελέσματα μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον Euro Stoxx 50	103
Πίνακας 5.13	Αποτελέσματα μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον German DAX	104
Πίνακας 5.14	Αποτελέσματα μοντέλου για στρατηγική ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον FTSE 100	105
Πίνακας 5.15	Αποτελέσματα μοντέλου για στρατηγική ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον Hang Seng	106
Πίνακας 5.16	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για παραμέτρους παλινδρόμησης του μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης	107
Πίνακας 5.17	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για αποδόσεις χαρτοφυλακίων του μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης	109
Σχήμα 5.1	Γραφική παράσταση πορείας του δείκτη S&P 500 τα τελευταία δέκα χρόνια	86
Σχήμα 5.2	Γραφική παράσταση πορείας του Euro Stoxx 50 τα τελευταία δέκα χρόνια	87
Σχήμα 5.3	Γραφική παράσταση πορείας του German DAX τα τελευταία δέκα χρόνια	88
Σχήμα 5.4	Γραφική παράσταση πορείας του FTSE 100 τα τελευταία δέκα χρόνια	89
Σχήμα 5.5	Γραφική παράσταση πορείας του Hang Seng τα τελευταία δέκα χρόνια	90
Σχήμα 5.6	Διαδικασία προσομοίωσης	91
Σχήμα 5.7	Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον S&P 500	95
Σχήμα 5.8	Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον Euro Stoxx 50	96

Σχήμα 5.9	Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον German DAX	97
Σχήμα 5.10	Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον FTSE 100	98
Σχήμα 5.11	Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον Hang Seng	99
Σχήμα 5.12	Γραφική παράσταση συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης	101
Σχήμα 5.13	Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον S&P 500	103
Σχήμα 5.14	Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον Euro Stoxx 50	104
Σχήμα 5.15	Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον German DAX	105
Σχήμα 5.16	Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον FTSE 100	106
Σχήμα 5.17	Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον Hang Seng	107
Σχήμα 5.18	Γραφική παράσταση συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης	108

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α ΚΩΔΙΚΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Οθόνη Α.1	Οργάνωση κώδικα «Index Tracker»	115
-----------	---------------------------------	-----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Οθόνη Β.1	Αρχική οθόνη εφαρμογής	130
Οθόνη Β.2	Σύνδεση χρήστη	130
Οθόνη Β.3	Εγγραφή χρήστη	131
Οθόνη Β.4	Επιλογή οθόνης για αλλαγή στοιχείων λογαριασμού χρήστη	131
Οθόνη Β.5	Αλλαγή στοιχείων λογαριασμού χρήστη	132
Οθόνη Β.6	Επιλογή οθόνης φόρτωσης τρέχοντος χαρτοφυλακίου	133
Οθόνη Β.7	Επιλογή τρέχοντος χαρτοφυλακίου που θα φορτωθεί	133
Οθόνη Β.8	Παρουσίαση τρέχοντος χαρτοφυλακίου	134

Οθόνη Β.9	Εμφάνιση των στοιχείων ταξινομημένα ως προς τιμές επιλεγμένης στήλης	134
Οθόνη Β.10	Αρχείο αποτελεσμάτων βελτιστοποίησης	135
Οθόνη Β.11	Αδυναμία σύνδεσης στο διαδίκτυο	136
Οθόνη Β.12	Αδυναμία επικοινωνίας με τη βάση δεδομένων	136
Οθόνη Β.13	Επιλογή αξιολόγησης τρέχοντος χαρτοφυλακίου	136
Οθόνη Β.14	Αξιολόγηση τρέχοντος χαρτοφυλακίου χρήστη	137
Οθόνη Β.15	Επιλογή οθόνης για κατασκευή χαρτοφυλακίου με λήψη δεδομένων από Yahoo!Finance	138
Οθόνη Β.16	Επιλογή οθόνης για κατασκευή χαρτοφυλακίου με εισαγωγή δεδομένων από τοπικό αρχείο	138
Οθόνη Β.17	Επιλογή τοπικού αρχείου δεδομένων	139
Οθόνη Β.18	Επιλογή δείκτη	140
Οθόνη Β.19	Γραφική παράσταση πορείας δείκτη το τελευταίο έτος	141
Οθόνη Β.20	Επιλογή μετοχών	141
Οθόνη Β.21	Επιλογή εύρους ημερομηνιών για τη διαδικασία βελτιστοποίησης	142
Οθόνη Β.22	Εισαγωγή περιορισμών για αρχική κατασκευή χαρτοφυλακίου	143
Οθόνη Β.23	Εισαγωγή περιορισμών για αναθεώρηση χαρτοφυλακίου	146
Οθόνη Β.24	Αδύνατο γραμμικό σύστημα βελτιστοποίησης	146
Οθόνη Β.25	Παρουσίαση αποτελεσμάτων βελτιστοποίησης	147
Οθόνη Β.26	Γραφική παράσταση συγκριτικής πορείας δείκτη και χαρτοφυλακίου	148
Οθόνη Β.27	Επιλογή αποθήκευσης παραχθέντος χαρτοφυλακίου	149

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην εποχή μας ο όρος επενδυτικό χαρτοφυλάκιο (investing portfolio) είναι από τους πλέον διαδεδομένους και γνωστούς όρους που αφορούν την σύγχρονη θεωρία των χρηματοοικονομικών και των επενδύσεων. Ένα επενδυτικό χαρτοφυλάκιο είναι μια συλλογή χρεογράφων, τα οποία έχουν αγοραστεί με σκοπό να επιτευχθεί ένας συγκεκριμένος χρηματοοικονομικός στόχος. Πριν από μόλις 60 χρόνια ωστόσο, η κατάσταση ήταν πολύ διαφορετική. Ελάχιστοι είχαν ακούσει τον όρο χαρτοφυλάκιο και ακόμα λιγότεροι ήταν αυτοί που είχαν επίγνωση της σημασίας αυτού καθώς του όρου της διαχείρισης επενδύσεων. Και αυτοί οι δύο όροι ωστόσο αποτελούν πλέον αναπόσπαστο κομμάτι των σύγχρονων οικονομιών, κάτι το οποίο όμως δεν ίσχυε πάντα.

Μέχρι τη δεκαετία του 1920 μόνο οι πολύ πλούσιοι και μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες είχαν πρόσβαση στην αγορά μετοχών εταιριών που διαπραγματευόντουσαν δημοσίως. Το 1924 δημιουργήθηκε το πρώτο αμοιβαίο κεφάλαιο στην Βόρειο Αμερική, το οποίο και ονομάζονταν Massachusetts Investors Trust. Αυτή ήταν η αρχή μιας διαδικασίας δημοκρατικοποίησης η οποία έδωσε τους επενδυτές πραγματική πρόσβαση στις αγορές κεφαλαίων. Μέχρι το 1950 είχαν δημιουργηθεί ορισμένα αμοιβαία κεφάλαια, αλλά η επικρατούσα αντίληψη την εποχή εκείνη ήταν η ανάλυση των χρεογράφων ένα προς ένα και η προσπάθεια επιλογής «νικητών». Η ευρεία διαφοροποίηση των χαρτοφυλακίων θεωρούνταν ανεπιθύμητη. Σύμφωνα, μάλιστα, με τον Gerald M. Loeb, οι ικανοί επενδυτές που δεν αρκούνται με το να νικήσουν τους μέσους όρους με λίγες ποσοστιαίες μονάδες αρκεί να αγοράζουν το πολύ τέσσερα χρεόγραφα. Όλα αυτά, ωστόσο, άλλαξαν το 1952 με την δημοσίευση της έρευνας του Harry Markowitz (Nobel Prize in Economics, 1990), σύμφωνα με την οποία η διαφοροποίηση του χαρτοφυλακίου μειώνει σημαντικά το ρίσκο. Στην ουσία με την εργασία του αυτή ορίζει εκ νέου το ρίσκο του χαρτοφυλακίου σε σχέση με το ρίσκο των χρεογράφων. Τα επόμενα χρόνια, πραγματοποιήθηκαν πολλά σημαντικά βήματα για την εξέλιξη της θεωρίας χαρτοφυλακίου, όπως είναι η δημιουργία του Θεωρήματος Διαχωρισμού (Separation Theorem) από τον James Tobin (Nobel Prize in Economics, 1981), η έρευνα των Merton Miller και Franco Modigliani (Nobel Prize in Economics, 1985 & 1990) σχετικά με τη σύνδεση των αποφάσεων για την εταιρική χρηματοδότηση μιας εταιρίας και των αποδόσεων της μετοχής της, καθώς και η παρουσίαση του μοντέλου Capital Asset Pricing

Model (CAPM) από τον William Sharpe (Nobel Prize in Economics, 1990). Το 1966, ωστόσο, τέθηκε η βάση για την δημιουργία των παθητικών στρατηγικών διαχείρισης χαρτοφυλακίων, μέσα από την διατύπωση τη ιδέας της Θεωρίας Αποτελεσματικής Αγοράς από την Eugene F. Fama. Παρόλα αυτά, η εισαγωγή της έννοιας των παθητικών χαρτοφυλακίων έγινε μόλις το 1973 όταν και αναπτύχθηκε το πρώτο χαρτοφυλάκιο αντιστοίχισης (*index fund*) για τον δείκτη S&P 500 από τον John McQuown και τον Rex Sinquefield. Έκτοτε, τα παθητικά χαρτοφυλάκια κερδίζουν όλο περισσότερους υποστηρικτές και μεγαλύτερη προσοχή και ενδιαφέρον από ερευνητές. Πλέον, θεωρούνται μαζί με τις ενεργητικές, που ασπάζονται την θεωρία διακύμανσης του Markowitz, οι δύο επικρατέστερες στρατηγικές διαχείρισης χαρτοφυλακίων.

Το πρόβλημα της βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίων συνεχίζει, όμως, να υφίσταται καθώς οι διεθνής αγορές χαρακτηρίζονται από έντονη και απρόβλεπτη συνήθως συμπεριφορά. Αυτό συνεπάγεται άμεσα ότι η δημιουργία ενός μοντέλου που προβλέπει απόλυτα την συμπεριφορά και την πορεία των οικονομιών και των αγορών είναι εκ φύσεως αδύνατη. Επιπλέον, δεδομένης της ευάλωτης φύσης των μετοχικών τίτλων απέναντι στις διακυμάνσεις της αγοράς, η δημιουργία μοντέλων για την πρόβλεψη της πορείας που θα ακολουθήσουν αποτελεί σημαντικό πεδίο έρευνας. Τα περισσότερα από τα μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί χρησιμοποιούν ιστορικά δεδομένα, προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τη βέλτιστη σύσταση του χαρτοφυλακίου ανάλογα με τις ανάγκες και τους στόχους του εκάστοτε επενδυτή. Για τον λόγο αυτόν, είναι κρίσιμη η άμεση εμπλοκή του επενδυτή στη διαδικασία της απόφασης, μέσω της διατύπωσης των προτιμήσεων του. Από τα παραπάνω γίνεται αμέσως αντιληπτό, ότι τα μοντέλα αυτά για ποικίλους λόγους και αιτίες δεν μπορούν να προβλέψουν απόλυτα την πορεία των μετοχών και των δεικτών που χρησιμοποιούνται ως αναφορά. Μπορούν όμως να προσφέρουν μια ικανοποιητική προσέγγιση της πορείας αυτών, την οποία ο επενδυτής θα αξιολογήσει σε συνδυασμό με άλλα μέτρα και οικονομικά στοιχεία με στόχο να συνθέσει το χαρτοφυλάκιο που ανταποκρίνεται βέλτιστα στην επενδυτική πολιτική του.

Ειδικότερα για τα μετοχικά χαρτοφυλάκια, με τα οποία ασχολούμαστε στην παρούσα διπλωματική εργασία, σύμφωνα με τους Xidonas et al. (2010), η κατοχή τους αποτελεί την πλέον επικίνδυνη επένδυση, τόσο επειδή έχει παρατηρηθεί ότι οι μετοχικοί τίτλοι παρουσιάζουν πολύ υψηλή μεταβλητότητα, όσο και λόγω της απουσίας της δυνατότητας διαφοροποίησης μέρους του αναλαμβανομένου κινδύνου, μέσω της επένδυσης σε χρεόγραφα σταθερού εισοδήματος, καταθετικά ή παράγωγα προϊόντα. Επιπλέον, ο πολύ μεγάλος αριθμός μετοχικών τίτλων, σε σχέση με άλλες κλάσεις χρεογράφων, που διαπραγματεύεται στις χρηματιστηριακές αγορές, καθιστά εξαιρετικά δύσκολη τη διαδικασία της διαχείρισης ενός μετοχικού χαρτοφυλακίου, καθώς απαιτείται η ταυτόχρονη διερεύνηση και αξιολόγηση εκατοντάδων ή και χιλιάδων χρεογράφων που είναι διαθέσιμα ως επενδυτικές επιλογές.

Η διαδικασία διαχείρισης μετοχικών επενδυτικών χαρτοφυλακίων, αποτελεί μια ιδιαίτερα πολύπλοκη και σύνθετη προβληματική, και μπορεί να διασπαστεί σε τρία διακριτά επίπεδα αποφάσεων:

- Στην επιλογή των μετοχικών τίτλων που συγκεντρώνουν τις καλύτερες επενδυτικές προοπτικές,
- Στην κατανομή του διαθέσιμου κεφαλαίου αποσκοπώντας στην άριστη σύνθεση χαρτοφυλακίων, και
- Στην συγκριτική αξιολόγηση των χαρτοφυλακίων που έχουν κατασκευαστεί.

Οι τρεις βασικές παράμετροι που επηρεάζουν τη διαδικασία λήψης επενδυτικών αποφάσεων είναι οι ακόλουθες:

- η παράμετρος της αβεβαιότητας,
- η ύπαρξη πολλαπλών κριτηρίων, και
- οι προτιμήσεις του αποφασίζοντος.

Εξαιτίας της πολυπλοκότητας των σύγχρονων οικονομιών και αγορών καθώς και των πολλαπλών οφελών και σκοπών που αυτές εξυπηρετούν, μια ακόμα ιδιαίτερα κρίσιμη παράμετρος είναι η ύπαρξη πολλών εμπλεκόμενων φορέων. Μάλιστα, οι φορείς αυτοί συνήθως έχουν διαφορετικά συμφέροντα κάτι το οποίο δυσχεραίνει ακόμα περισσότερο την όλη διαδικασία. Πιο συγκεκριμένα, οι φορείς που συνιστούν το περιβάλλον των εμπλεκόμενων μερών κατά την εξεταζόμενη προβληματική, μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τέσσερις γενικευμένες κατηγορίες:

- τους φορείς που συνδέονται με την οργάνωση και την εποπτεία της αγοράς,
- τις εισηγμένες στη χρηματιστηριακή αγορά εταιρείες,
- τους θεσμικούς και ιδιώτες επενδυτές, και τέλος
- τους παρόχους επενδυτικών υπηρεσιών.

Από τα παραπάνω, γίνεται αντιληπτή η τρομερή πολυπλοκότητα και αβεβαιότητα της διαδικασία λήψης χρηματοοικονομικών αποφάσεων και καθίσταται σαφής η ανάγκη για την ύπαρξη κατάλληλων δεικτών και υποστηρικτικών εργαλείων απόφασης. Τα εργαλεία αυτά θα πρέπει να έχουν σαν σκοπό να απομακρύνουν τους επενδυτές από την λήψη αποφάσεων με βάση αποκλειστικά εμπειρικών προσεγγίσεων και να χρησιμοποιήσουν νέες σύγχρονες μεθόδους ανάλυσης για την αποδοτικότερη αντιμετώπιση των επενδυτικών κινδύνων που αναπόφευκτα υπεισέρχονται στην διαδικασία σύνθεσης και διαχείρισης μετοχικών χαρτοφυλακίων.

1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σαν αντικείμενο τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος διαχείρισης χαρτοφυλακίων, με χρήση παθητικών στρατηγικών. Η ανάλυση γίνεται με το εργαλείο του Μικτού Ακεραίου Γραμμικού Προγραμματισμού (Mixed-Integer

Linear Programming - LP), ενώ για την σύνθεση του κριτηρίου βελτιστοποίησης γίνεται χρήση του μοντέλου Γραμμικής Παλινδρόμησης (Linear Regression Model).

Για το μοντέλο του Γραμμικού Προγραμματισμού που χρησιμοποιείται, ελαχιστοποιούμε την τεταγμένη και την απόσταση της παραμέτρου κλίσης από την μονάδα, ενώ σαν εισηγμένους από τον χρήστη του συστήματος περιορισμούς, λαμβάνουμε τους ακόλουθους:

1. Επενδυμένο κεφάλαιο
2. Αριθμός μετοχών που συμμετέχουν στο χαρτοφυλάκιο
3. Ελάχιστο και μέγιστο ποσοστό επένδυσης σε κάθε μετοχή
4. Μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό επί της συνολικής αξίας του χαρτοφυλακίου για κόστη συναλλαγών
5. Ποσοστιαίο κόστος επί την τιμή της μετοχής για συναλλαγή μιας μονάδας

Η εφαρμογή και αξιολόγηση του Πληροφοριακού Συστήματος έγινε για 5 διαφορετικούς Χρηματιστηριακούς Δείκτες από Αμερική, Ευρώπη και Ασία.

1.3 ΣΥΜΒΟΛΗ ΚΑΙ ΑΞΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου Πληροφοριακού Συστήματος είναι μεγάλης σπουδαιότητας για την αντιμετώπιση του προβλήματος της σύνθεσης και αξιολόγησης μετοχικών χαρτοφυλακίων με χρήση παθητικών στρατηγικών δεδομένου ότι τα οφέλη είναι πολλαπλά και άμεσα. Το σημαντικότερο εξ αυτών έγκειται στο γεγονός ότι δίνει τη δυνατότητα σε άπειρους, στη διαχείριση χαρτοφυλακίων, επενδυτές να συνθέσουν το δικό τους μετοχικό χαρτοφυλάκιο, το οποίο να υπόκειται στις δικές τους ανάγκες και απαιτήσεις, χωρίς να είναι αναγκαίο να μισθώσουν για το σκοπό αυτό τις υπηρεσίες εξειδικευμένων επενδυτικών γραφείων. Επιπροσθέτως, ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι η εφαρμογή που αναπτύχθηκε δεν αποτελεί επέκταση για κάποιο άλλο εμπορικό πρόγραμμα και επομένως μπορεί να εγκατασταθεί και να τεθεί σε χρήση αυτόνομα και χωρίς να προαπαιτείται η εγκατάσταση άλλων εργαλείων ή πακέτων λογισμικού στον υπολογιστή.

1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ

Η εργασία αποτελείται από έξι κεφάλαια και δύο παραρτήματα. Ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή των περιεχομένων του καθενός.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Πραγματοποιήθηκε μία σύντομη εισαγωγή στο πρόβλημα το οποίο καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε με τη χρήση του πληροφοριακού συστήματος που αναπτύχθηκε, όπως επίσης και στους στόχους, τη συμβολή και το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Πραγματοποιείται μια διεξοδική ανάλυση του προβλήματος της διαχείρισης μετοχικών χαρτοφυλακίων. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται αναλυτικά τα στάδια της διαδικασίας αυτής καθώς και οι επικρατούσες στρατηγικές που εφαρμόζονται σε αυτήν. Μελετάται η προβληματική της διαχείρισης και στη συνέχεια γίνεται μια εποπτική παρουσίαση της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Τέλος, παρατίθεται μια βιβλιογραφική επισκόπηση αναφορικά με τα μοντέλα βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίων από τα τέλη του προηγούμενου αιώνα, δίνοντας έμφαση σε μοντέλα που έχουν εφαρμογή σε παθητικές στρατηγικές διαχείρισης χαρτοφυλακίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Περιγράφεται σε βάθος το μοντέλο βελτιστοποίησης που χρησιμοποιήθηκε τόσο για την Στρατηγική Αντιστοίχισης Δείκτη (Index Tracking), όσο και για την Στρατηγική Ενισχυμένης Αντιστοίχισης Δείκτη (Enhanced Indexation). Επιπλέον, παρουσιάζονται στην αρχή και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία αυτή με σκοπό την πληρότητα της μελέτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Παρουσιάζεται το πληροφοριακό σύστημα που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Γίνεται περιγραφή των προδιαγραφών, των γενικών χαρακτηριστικών καθώς και ανάλυση του βασικού επιχειρηματικού σεναρίου, μέσω UML διαγραμμάτων και πολλαπλών αντιπροσωπευτικών οθονών (screenshots του πληροφοριακού συστήματος).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

Παρουσιάζονται εν συντομία οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση του προγράμματος καθώς και περιγραφή της διαδικασίας και της παραμετροποίησης των προσομοιώσεων που εκτελέστηκαν. Στην συνέχεια, παρατίθενται τα αποτελέσματα και για τις δύο στρατηγικές διαχείρισης που εξετάζονται και σύντομος σχολιασμός αυτών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

Γίνεται μια ανασκόπηση της εργασίας που εκπονήθηκε και αναφέρονται ορισμένα συμπεράσματα σχετικά με μειονεκτήματα της προτεινόμενης μεθοδολογίας, την αξιολόγηση αυτής καθώς και διάφορες προοπτικές και επεκτάσεις που φαίνεται να υπάρχουν.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Παρατίθεται το κομμάτι κώδικα που συνιστά τον αλγόριθμο της βελτιστοποίησης με σχόλια και επεξηγήσεις.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Παρατίθεται μια εκτενής επεξήγηση του τρόπου χρήσης του πληροφοριακού συστήματος «Index Tracker».

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΟΥ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας ενότητας είναι η εισαγωγή του αναγνώστη στην έννοια της θεωρίας χαρτοφυλακίου και στην συνέχεια η παρουσίαση της προβληματικής και τις διαδικασίες διαχείρισης επενδυτικών μετοχικών χαρτοφυλακίων, καθώς και των διαδοχικών φάσεων αυτής. Η ανάλυση αυτή πραγματοποιείται με απώτερο σκοπό την ανάδειξη της έννοιας της διαχείρισης χαρτοφυλακίων ως μια δυναμική και σύνθετη διαδικασία, η οποία προϋποθέτει τη λήψη πολλαπλών διαδοχικών αποφάσεων. Παράλληλα, αναλύονται οι βασικοί παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τη διαδικασία αυτή και δεν είναι άλλοι από την αβεβαιότητα, την ύπαρξη πολλαπλών κριτηρίων και τις προτιμήσεις του εκάστοτε επενδυτή.

Ο ρόλος του επενδυτή αποτελεί την βάση οποιασδήποτε επενδυτικής στρατηγικής αφού είναι εκείνος ο οποίος θα καθορίσει την μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί καθώς και δεδομένων των προτιμήσεων του θα προκύψει μια επενδυτική πολιτική και ένα χαρτοφυλάκιο που είναι προσαρμοσμένα σε αυτές. Στο πλαίσιο αυτό και καθώς η ανάλυση μας εξειδικεύεται αποκλειστικά στην κατηγορία των μετοχικών χαρτοφυλακίων, παρουσιάζονται και αναλύονται οι διαθέσιμες επενδυτικές στρατηγικές που αφορούν την συγκεκριμένη κλάση χρεογράφων. Πιο συγκεκριμένα, διακρίνουμε τις διαθέσιμες στρατηγικές σε ενεργητικής και παθητικής φύσης. Στη συνέχεια, παραθέτουμε λεπτομερής κατηγοριοποίηση και των δύο προαναφερθέντων κατηγοριών και συνοπτική ανάλυση των υποκατηγοριών που έχουν προκύψει, ενώ παραθέτουμε και συγκριτική μελέτη μεταξύ των δύο βασικών αυτών κατηγοριών στρατηγικών.

Στη συνέχεια, έχοντας ήδη παρουσιάσει σε θεωρητικό επίπεδο ότι χρειάζεται να γνωρίζει ο αναγνώστης προκειμένου να αντιληφθεί σε όλη του την έκταση το πρόβλημα της διαχείρισης επενδυτικών χαρτοφυλακίων, επικεντρωνόμαστε πλέον στις παθητικές στρατηγικές, οι οποίες αποτελούν αντικείμενο μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Στη συνέχεια περιγράφουμε σε αλγοριθμικό επίπεδο την μεθοδολογία που ακολουθείται για την ανάπτυξη του πληροφοριακού συστήματος «*Index Tracker*», το οποίο θα παρουσιαστεί αναλυτικά στις επόμενες Ενότητες.

Τέλος, παρέχεται μια ανασκόπηση της σχετιζόμενης βιβλιογραφίας προκειμένου να αποκτηθεί εποπτική εικόνα σχετικά με τις κατευθύνσεις στις οποίες έχει κινηθεί η έρευνα και η μελέτη των παθητικών επενδυτικών στρατηγικών. Η σημασία της μελέτης της σχετιζόμενης βιβλιογραφίας, έγκειται, πέρα από την θεμελίωση της θεωρητικής πληρότητας της μελέτης μας, στο να μπορέσει ο αναγνώστης να τοποθετήσει το μελετώμενο μεθοδολογικό πλαίσιο στα πλαίσια των συνολικών προσπάθειών και μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί στο συγκεκριμένο ερευνητικό πεδίο.

2.2 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΩΝ

Η διαδικασία της διαχείρισης χαρτοφυλακίων (Portfolio Management Process) αποτελεί μια ολοκληρωμένη δυναμική ακολουθία βημάτων η οποία στοχεύει στην επιλογή κατάλληλων συνδυασμών χρεογράφων, με βάση το προφίλ και τις προκαθορισμένες απαιτήσεις ενός επενδυτή. Τα βήματα της διαδικασίας αυτής είναι δυνατόν να ομαδοποιηθούν σε μια σειρά τεσσάρων διαδοχικών φάσεων:

1. τη φάση του σχεδιασμού,
2. τη φάση της κατασκευής,
3. τη φάση της αξιολόγησης και τέλος
4. τη φάση του ανασχεδιασμού.

Κατά τη **φάση του σχεδιασμού** (planning phase), καθορίζονται με ακρίβεια οι στόχοι (investment objectives) και οι περιορισμοί (investment constraints) του επενδυτή και στη βάση αυτών αναπτύσσονται οι στρατηγικές που πρόκειται να ακολουθηθούν.

Παράλληλα, μελετώνται οι συνθήκες που διαμορφώνουν το οικονομικό κλίμα κατά την εξεταζόμενη χρονική συγκυρία και αναλύονται οι προοπτικές των διαφόρων βιομηχανικών κλάδων (industry analysis) καθώς και τα χαρακτηριστικά τόσο των μεμονωμένων χρεογράφων (security analysis), όσο και ευρύτερων ομάδων αυτών (sector analysis). Ανώτερος στόχος της ανάλυσης αυτής είναι η εκπόνηση εκτιμήσεων και προβλέψεων όσον αφορά την πορεία της αγοράς (capital market expectations), τόσο σε micro, όσο και σε macro-επίπεδο.

Κατά τη **φάση της κατασκευής** (construction phase), καθορίζεται σε πρώτο χρόνο ο επιμερισμός του κεφαλαίου (asset allocation) του επενδυτή σε διάφορους τύπους επενδυτικών προϊόντων (asset classes), όπως π.χ. μετοχικούς τίτλους, κρατικά ή εταιρικά ομόλογα, έντοκα γραμμάτια δημοσίου κλπ. Ανάλογα με το αν θα πρέπει να υλοποιηθεί μια βραχυπρόθεσμη ή μια μακροπρόθεσμη επενδυτική πολιτική, ο επιμερισμός του κεφαλαίου σε διάφορους τύπους επενδυτικών προϊόντων είναι δυνατόν να έχει είτε τακτικό, είτε στρατηγικό χαρακτήρα (tactical or strategic asset allocation).

Στη συνέχεια, για κάθε τύπο επενδυτικών προϊόντων, επιλέγονται εκείνα τα χρεόγραφα (security selection), τα οποία στη βάση της ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε κατά τη φάση του σχεδιασμού, παρουσιάζονται να έχουν τα πιο ελκυστικά χαρακτηριστικά.

Η φάση της κατασκευής ολοκληρώνεται με τον ακριβή καθορισμό των ποσοστών του κεφαλαίου που θα επενδυθεί σε κάθε ένα από τα παραπάνω χρεόγραφα. Ο καθορισμός των ποσοστών του κεφαλαίου που θα επενδυθεί σε κάθε χρεόγραφο αποτελεί τη διαδικασία της βελτιστοποίησης του χαρτοφυλακίου (portfolio optimization) και πραγματοποιείται μέσω της χρήσης τεχνικών μαθηματικού προγραμματισμού (mathematical programming).

Ειδικά για τη φάση της κατασκευής χαρτοφυλακίων, οι Jacobs and Levy (1995) εισάγουν την ορολογία *μηχανική χαρτοφυλακίων* (portfolio engineering). Σε μια προσπάθεια να ενθαρρυνθεί η χρήση της συγκεκριμένης ορολογίας και να ανασχεθεί κάθε σκεπτικισμός αναφορικά στη χρήση της, οι Xidonas et al. (2009) παρέχουν τον ακόλουθο ορισμό:

“Η μηχανική χαρτοφυλακίων ως διεπιστημονικό πεδίο, εδράζεται σε τεχνικές και μεθόδους της μαθηματικής βελτιστοποίησης (ενός ή πολλαπλών στόχων), της σύγχρονης θεωρίας χαρτοφυλακίου και της επιστήμης των υπολογιστών, με απώτερο στόχο την κατασκευή καλά διαφοροποιημένων χαρτοφυλακίων υψηλών αποδόσεων.”

Κατά τη **φάση της αξιολόγησης** (evaluation phase), υπολογίζεται η επίδοση των χαρτοφυλακίων με τη χρήση προσαρμοσμένων στον κίνδυνο μέτρων απόδοσης (risk-adjusted performance measures) και συγκρίνεται η επίδοση αυτή με εκείνες των διάφορων χαρτοφυλακίων της αγοράς (market portfolios) ή άλλων χαρτοφυλακίων τα οποία χρησιμοποιούνται ως πρότυπα (benchmark portfolios).

Παράλληλα, ελέγχονται οι αποκλίσεις που καταγράφηκαν σε σχέση με τους στόχους και περιορισμούς που έθεσε ο επενδυτής και εξετάζεται το κατά πόσο τηρήθηκαν οι στρατηγικές που σχεδιάστηκαν αρχικά.

Κατά τη **φάση του ανασχεδιασμού** (revision phase), είναι δυνατόν να διαφοροποιηθούν τόσο οι αρχικές αποφάσεις που αφορούν στον επιμερισμό του κεφαλαίου στους διάφορους τύπους επενδυτικών προϊόντων, όσο βέβαια και αυτές που αφορούν στην επιλογή συγκεκριμένων χρεογράφων και στον καθορισμό των ποσοστών του κεφαλαίου που επενδύεται σε κάθε ένα από αυτά (portfolio rebalancing).

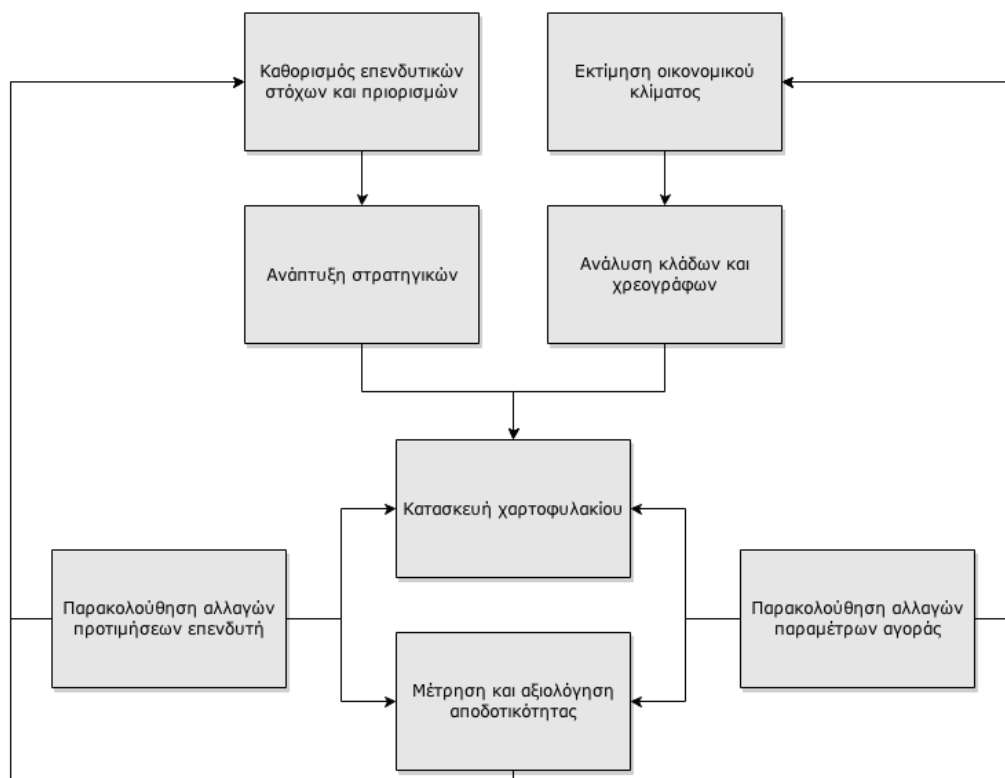
Οι διαφοροποιήσεις αυτές είναι δυνατόν να επιβληθούν είτε εξαιτίας της αλλαγής των προτιμήσεων του επενδυτή, δηλαδή των στόχων και περιορισμών που αυτός έχει θέσει, είτε εξαιτίας της αλλαγής των συνθηκών που επικρατούν στην αγορά. Σε κάθε περίπτωση, οι μεταβολές που συνδέονται με την αλλαγή της πολιτικής του επενδυτή ή την αλλαγή παραμέτρων της αγοράς, παρακολουθούνται σε συνεχή χρόνο και λαμβάνονται υπόψη κατά τη φάση που το χαρτοφυλάκιο κρίνεται ότι πρέπει να ανασχεδιαστεί.

Στη βάση του επικρατέστερου ορισμού, οι Maginn et al. (2007) ορίζουν τη διαχείριση χαρτοφυλακίου ως μια επαναληπτική διαδικασία κατά την οποία:

- οι στόχοι και οι περιορισμοί του επενδυτή ταυτοποιούνται και καθορίζονται,
- αναπτύσσονται ολοκληρωμένες επενδυτικές στρατηγικές,
- η σύνθεση του χαρτοφυλακίου αποφασίζεται με ενδελέχεια,

- οι αποφάσεις που λαμβάνει ο επενδυτής υποστηρίζονται από επαγγελματίες συμβούλους και υλοποιούνται από πιστοποιημένους χρηματιστές,
- η απόδοση του χαρτοφυλακίου υπολογίζεται και αξιολογείται,
- οι προτιμήσεις του επενδυτή και η αλλαγή των συνθηκών της αγοράς παρακολουθούνται διαρκώς, και
- η σύνθεση του χαρτοφυλακίου ανασχεδιάζεται όποτε αυτό κριθεί απαραίτητο

Με βάση την παραπάνω ανάλυση, η διαδικασία της διαχείρισης χαρτοφυλακίων μπορεί να απεικονιστεί και διαγραμματικά στο Σχήμα που ακολουθεί.



Magnin et al. (2007)

Σχήμα 2.1 : Η διαδικασία της διαχείρισης χαρτοφυλακίων

2.3 Η ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΚΗ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΜΕΤΟΧΙΚΩΝ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΩΝ

Η πολυπλοκότητα που ενσωματώνεται στην προβληματική της διαχείρισης μετοχικών χαρτοφυλακίων, συνδέεται με τρεις θεμελιώδεις παραμέτρους οι οποίες επηρεάζουν κάθε διαδικασία λήψης απόφασης:

1. την παράμετρο της **αβεβαιότητας** (uncertainty),
2. την ύπαρξη **πολλαπλών κριτηρίων** (multiple criteria) και
3. τις **προτιμήσεις** (preferences) του αποφασίζοντος.

ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ

Η μεταβλητότητα που χαρακτηρίζει τις τιμές των μετοχικών τίτλων ενισχύει την αβεβαιότητα που αναπτύσσεται κατά τη διαδικασία της διαχείρισης μετοχικών χαρτοφυλακίων. Ως αποτελέσματα της αβεβαιότητας αυτής, καταγράφονται, τόσο οι υψηλής συχνότητας και μεγάλης ισχύος κλυδωνισμοί των διεθνών αγορών, όσο και η κατάρρευση ή μη-αναστρέψιμη δυσχέρεια ενός μεγάλου πλήθους τραπεζικών και χρηματιστηριακών οργανισμών, κατά τη διάρκεια των τριών τελευταίων δεκαετιών. Η αντιμετώπιση της αβεβαιότητας στα πλαίσια του προβλήματος της διαχείρισης μετοχικών χαρτοφυλακίων, απαιτεί την εισαγωγή εξειδικευμένων μετρικών κινδύνου για την ποσοτικοποίηση αυτής, καθώς και την ανάπτυξη αποτελεσματικών στρατηγικών αντιστάθμισης για τον περιορισμό της επίδρασης που έχει στις τελικές επενδυτικές αποφάσεις. Πέρα από τα κλασσικά μέτρα της διακύμανσης των αποδόσεων των τιμών (variance of returns) ή του συντελεστή βήτα (beta coefficient) μιας μετοχής ή ενός χαρτοφυλακίου, νέα μεγέθη ποσοτικής αναπαράστασης του κινδύνου, όπως η αξία στον κίνδυνο (value at risk), η υπό-συνθήκη αξία στον κίνδυνο (conditional value at risk), η μέση απόλυτη απόκλιση (mean absolute deviation), τα μέτρα αναμενόμενης απώλειας (expected regret measures) κλπ., χρησιμοποιούνται πλέον στην καθημερινή πρακτική διαχείρισης κινδύνων μεγάλων επιχειρήσεων και οργανισμών.

ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ

Είναι γεγονός ότι η αντιμετώπιση των περισσότερων σύνθετων προβλημάτων απόφασης απαιτεί τη σύνθεση πολλαπλών και συχνά αντικρουόμενων κριτηρίων. Στην περίπτωση της διαχείρισης μετοχικών χαρτοφυλακίων, χαρακτηριστική περίπτωση αποτελεί το θεμελιώδες υπόδειγμα μέσου-διακύμανσης (mean-variance model) του Markowitz, το οποίο βασίζεται στον ανταγωνισμό δυο κριτηρίων, της αναμενόμενης απόδοσης και της διακύμανσης της απόδοσης του χαρτοφυλακίου. Το πρόβλημα καθίσταται ακόμη πιο σύνθετο όταν από τις δυο διαστάσεις μεταφερθεί στο χώρο, στην περίπτωση κατά την οποία ένας επενδυτής διατυπώσει επιπλέον στόχους, πέραν της απόδοσης και του κινδύνου. Ως τέτοιοι θα μπορούσαν να αναφερθούν η μεγιστοποίηση της μερισματικής απόδοσης (dividend yield) του χαρτοφυλακίου, πέραν της κεφαλαιακής (capital return), η ελαχιστοποίηση του αναλαμβανόμενου συστηματικού κινδύνου (market risk), πέραν του μη-συστηματικού (unique risk), η μεγιστοποίηση της συνολικής εμπορευσιμότητας (marketability) της τοποθέτησης κλπ. Καθώς ένα τέτοιο ενδεχόμενο είναι απολύτως ρεαλιστικό, συνάγεται το συμπέρασμα ότι επιπρόσθετες παράμετροι δυσχέρειας, όπως η ταυτόχρονη αριστοποίηση πολλαπλών αντικειμενικών συναρτήσεων ή η εισαγωγή ισχυρών μη-γραμμικοτήτων, θα επιβαρύνουν σημαντικά τη διαδικασία της απόφασης.

ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΙΣ

Είναι προφανές ότι η συνεκτίμηση πολλαπλών κριτηρίων σε ένα πρόβλημα απόφασης ακυρώνει την ύπαρξη μιας αντικειμενικά άριστης λύσης. Με βάση τον Σίσκο (1998), ένα πολυκριτήριο πρόβλημα απόφασης ανήκει στην κατηγορία των προβλημάτων χαμηλού βαθμού δόμησης (ill-structured problems), είναι δηλαδή πρόβλημα στο οποίο η ορθολογική λύση δεν προϋπάρχει, αλλά

αποτελεί αντικείμενο προοδευτικής αναζήτησης. Στις περιπτώσεις αυτές η άμεση εμπλοκή του αποφασίζοντος στη διαδικασία της απόφασης, μέσω της διατύπωσης των προτιμήσεών του, κρίνεται αναγκαία. Πράγματι, το βασικό χαρακτηριστικό των πολυκριτήριων προβλημάτων είναι ότι, η λύση που βελτιστοποιεί κάποια από τις αντικειμενικές συναρτήσεις, δεν είναι συνήθως βέλτιστη για τις υπόλοιπες. Για τον λόγο αυτό η έννοια της βέλτιστης λύσης αντικαθίσταται από αυτή της αποτελεσματικής ή κατά Pareto άριστης λύσης (efficient or Pareto optimal solution). Από το σύνολο των αποτελεσματικών λύσεων καλείται ο αποφασίζων, στα πλαίσια μιας αλληλεπιδραστικής διαδικασίας διύλισης (interactive filtering process), να επιλέξει εκείνη που βρίσκεται σε μεγαλύτερη συμφωνία με τις προτιμήσεις του. Στην περίπτωση του προβλήματος της διαχείρισης μετοχικών χαρτοφυλακίων, η εξέταση και συνεκτίμηση των προτιμήσεων του επενδυτή ταυτίζεται με μια από τις πλέον κρίσιμες φάσεις της επενδυτικής μεθοδολογίας, αυτή της δήλωσης της επενδυτικής του πολιτικής.

2.4 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΜΕΤΟΧΙΚΩΝ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΩΝ

Θεμελιώδης στόχος των στρατηγικών βελτιστοποίησης επενδυτικού μετοχικού χαρτοφυλακίου είναι η εύρεση της βέλτιστης κατανομής, του προς επένδυση κεφαλαίου στα διαθέσιμα χρεόγραφα, με στόχο κάθε φορά την επίτευξη της μέγιστης δυνατής απόδοσης σε συνδυασμό με την ανάληψη του ελάχιστου δυνατού κινδύνου.

Το αντικείμενο της βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίου έχει υπάρξει βασικό εργαλείο για την κατανόηση των χρηματοοικονομικών αγορών και των συναλλαγών που πραγματοποιούνται μέσα σε αυτές. Τα πρώτα σημαντικά βήματα στην ανάλυση του αντικειμένου αυτού έγιναν το έτος 1952 με τη δημοσίευση της θεωρίας επιλογής χαρτοφυλακίου στο «Journal of Finance» από τον Harry Markowitz. Ο Markowitz με την δημοσίευση αυτήν εγκαινίασε μια νέα εποχή και έναν νέο τρόπο σκέψης γύρω από την χρηματιστηριακή πρακτική. Πιο συγκεκριμένα, παρουσίασε ένα υπόδειγμα κατασκευής αποτελεσματικών χαρτοφυλακίων. Βασική ιδέα αυτού ήταν η επιλογή ενός «άριστου» χαρτοφυλακίου, που αποτελείται από μετοχές ή από άλλα χρεόγραφα που εμπεριέχουν κίνδυνο, και το οποίο προσφέρει στον επενδυτή την καλύτερη δυνατή σχέση κινδύνου – απόδοσης.

Η συγκεκριμένη δημοσίευση αποτέλεσε την αρχή μιας σειράς αναλύσεων και ερευνών στο πεδίο των ενεργητικών στρατηγικών διαχείρισης χαρτοφυλακίων και στην καθιέρωση του σαν βασική μεθοδολογία ανάλυσης και διαχείρισης επενδύσεων. Με την πάροδο του χρόνου, ωστόσο, εμφανίστηκαν σημαντικές ασυνέπειες στον μέσο όρο των επενδυτών που ακολουθούσαν ενεργητικές στρατηγικές και δεν κατάφεραν σε να πετυχαίνουν μακροπρόθεσμα καλύτερες αποδόσεις σε σχέση με τα benchmarks που χρησιμοποιούσαν σαν αναφορά. Αυτό οδήγησε τους Θεσμικούς Επενδυτές των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (US Institutional Investors) τη δεκαετία του 1970 να αναπτύξουν τη

θεωρία των παθητικών επενδυτικών στρατηγικών με σκοπό αυτές να λειτουργήσουν σαν εναλλακτική επιλογή για τους επενδυτές, που ακολουθούσαν μέχρι τότε ενεργητικές στρατηγικές σαν την μόνη διαθέσιμη επιλογή.

Η ανάγκη των επενδυτών για μακροπρόθεσμα κέρδη συντέλεσε στην περαιτέρω έρευνα και διάδοση των παθητικών στρατηγικών. Πλέον, μπορούμε να διαχωρίσουμε τις βασικές στρατηγικές που υιοθετούν οι επενδυτές σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

1. **Ενεργητικές Στρατηγικές (Active Management)**
2. **Παθητικές Στρατηγικές (Passive Management)**

Καθώς όμως τα όρια που διαχωρίζουν μια παθητική από μια ενεργητική στρατηγική δεν είναι πάντα ξεκάθαρα, και δεδομένης της επιθυμίας των επενδυτών να προσπαθήσουν να εκμεταλλευτούν και να συνδυάσουν τα θετικά και των δύο οικογενειών στρατηγικών εμφανίζονται και στρατηγικές ενδιάμεσων χαρακτηριστικών, οι οποίες αναφέρονται ως **υβριδικές στρατηγικές διαχείρισης χαρτοφυλακίων** (hybrid or mixed portfolio management strategies).

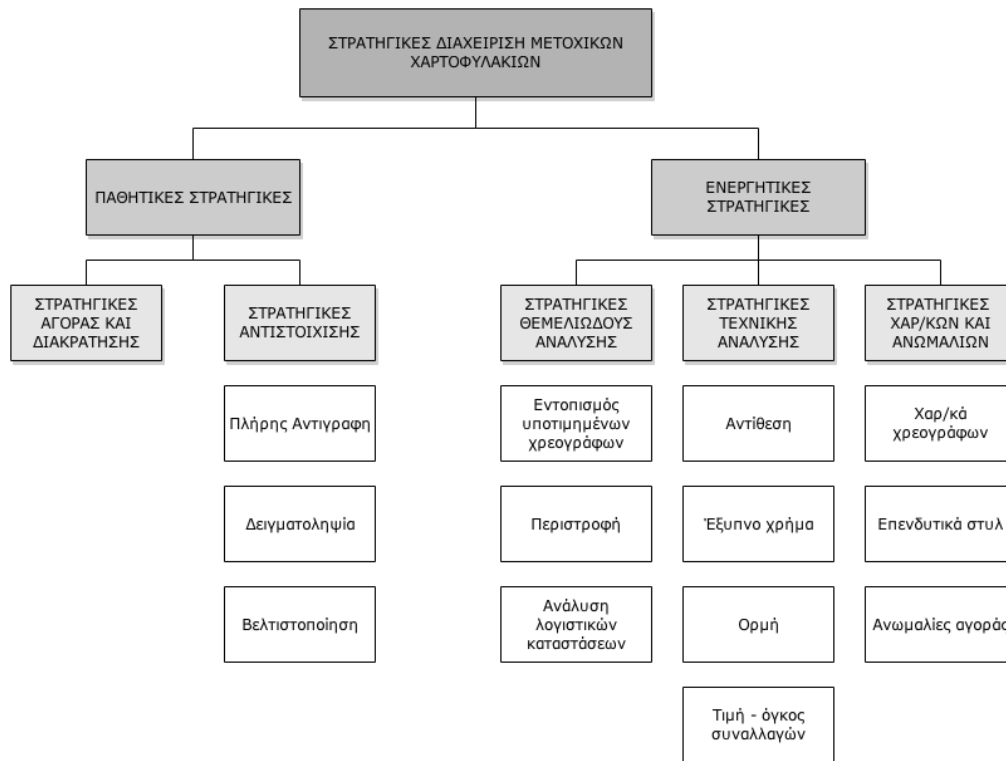
Παρόλα αυτά, σύμφωνα με τους Reilly και Brown (2006) οι υβριδικές αυτές στρατηγικές διαχείρισης δεν συνιστούν μια διακριτή κατηγορία στρατηγικών, αλλά αποτελούν στη βάση τους διαφοροποιήσεις είτε ενεργητικών, είτε παθητικών μοντέλων διαχείρισης. Συνεπώς, στην ανάλυση που θα ακολουθήσει ενστερνιζόμαστε την παραπάνω αντίληψη και δεν διαχωρίζουμε τις υβριδικές στρατηγικές από τις δύο βασικές κατηγορίες στρατηγικών.

Μια ενδελεχής κατηγοριοποίηση των βασικών οικογενειών στρατηγικών διαχείρισης μετοχικών χαρτοφυλακίων μαζί με τις επιμέρους υποκατηγορίες τους παρουσιάζεται στο Σχήμα που ακολουθεί στην επόμενη σελίδα.

2.4.1 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ (ACTIVE PORTFOLIO MANAGEMENT STRATEGIES)

Στις ενεργητικές στρατηγικές διαχείρισης, οι επενδυτές έχουν μεγάλο βαθμό ελευθερίας και προσπαθούν να επιλέξουν για την σύνθεση του χαρτοφυλακίου τους μετοχές οι οποίες, σύμφωνα με τις αναλύσεις και την κρίση τους, πρόκειται να παρουσιάσουν καλύτερες αποδόσεις σε σχέση με τις υπόλοιπες της αγοράς. Η υπόθεση που βρίσκεται πίσω από αυτό το είδος στρατηγικών, είναι ότι οι διαχειριστές των επενδύσεων, μέσω της εμπειρίας τους και της προσωπικής τους κρίσης, εισάγουν αξία αρχικά μέσω της επιλογής των μετοχών υψηλών επιδόσεων και εν συνεχεία μέσω επιλογής του βέλτιστου χρόνου των αποφάσεων τους για την αγορά και πώληση αυτών.

Βασικό πλεονέκτημα των στρατηγικών αυτών, είναι ότι η πορεία του χαρτοφυλακίου που σχεδιάζεται είναι δυνατόν να είναι αποσυνδεδεμένη με την πορεία της αγοράς. Με αυτόν τον τρόπο καθίσταται εφικτό να ανασχεθεί η ορμή μιας γενικευμένης πτώσης, αλλά και να επιτευχθούν σημαντικές αποδόσεις.



Ξυδώνας, Φαρράς & Ζαπουνίδης (2010)
Σύγχρονη θεωρία χαρτοφυλακίου | Εκδόσεις Κλειδάριθμος

Σχήμα 2.2 : Στρατηγικές διαχείρισης χαρτοφυλακίων

Στον αντίποδα, βασικό μειονέκτημα των ενεργητικών χαρτοφυλακίων είναι τα αυξημένα έξοδα συναλλαγής και διαχείρισης, ως αποτέλεσμα της υψηλής συχνότητας με την οποία το χαρτοφυλάκιο ανασχεδιάζεται. Σημαντικό μειονέκτημα αποτελεί και η έκθεση του επενδυτή και στις δύο συνιστώσες κινδύνου, δηλαδή τον κίνδυνο της αγοράς καθώς και τον ειδικό κίνδυνο με τον οποίο συνδέεται το κάθε χρεόγραφο.

Με βάση το έκθεμα που παρουσιάστηκε για την κατηγοριοποίηση των στρατηγικών μπορούμε να ταξινομήσουμε τις ενεργητικές στρατηγικές διαχείρισης σε τρεις επιμέρους κατηγορίες:

1. Τις **στρατηγικές θεμελιώδους ανάλυσης** (fundamental analysis strategies),
2. Τις **στρατηγικές τεχνικής ανάλυσης** (technical analysis strategies),
3. Τις **στρατηγικές χαρακτηριστικών και ανωμαλιών** (attributes and anomalies strategies).

A. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΘΕΜΕΛΙΩΔΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Ο στόχος της θεμελιώδους ανάλυσης είναι η αξιοποίηση της πληροφορίας που συνδέεται με τα βασικά χρηματοοικονομικά μεγέθη μιας εταιρίας, όπως είναι οι πωλήσεις, τα κέρδη, τα έξοδα, οι χρηματορροές, τα χρέη, με σκοπό να εκτιμηθεί η **πραγματική ή εσωτερική αξία** (true or intrinsic value) της μετοχής αυτής. Σκοπός της θεμελιώδους ανάλυσης, είναι μέσα από τον έλεγχο των χρηματοοικονομικών

καταστάσεων μιας εταιρίας να καταφέρουν να εκτιμήσουν την πορεία και την επίδοση της εταιρίας στο μέλλον. Στη συνέχεια, η αξία αυτή συγκρίνεται με την *χρηματιστηριακή αξία* (market value) της μετοχής, προκειμένου να εντοπιστούν υποτιμημένα χρεόγραφα.

Η θεμελιώδης ανάλυση μπορεί να γίνει σε δυο κατευθύνσεις. Η πρώτη, η οποία αναφέρεται ως *από πάνω προς τα κάτω προσέγγιση* (top-down approach), οι αναλυτές ξεκινώντας από εκτιμήσεις για το ευρύτερο οικονομικό κλίμα και τις προοπτικές των διαφόρων κλάδων, καταλήγουν σε προβλέψεις αναφορικά στην πορεία συγκεκριμένων εταιρειών. Η δεύτερη, η οποία αναφέρεται ως *από κάτω της τα πάνω προσέγγιση* (bottom-up approach), οι εκτιμήσεις ξεκινούν από το επίπεδο μεμονωμένων εταιρειών και καταλήγουν σε προβλέψεις αναφορικά σε κλάδους και πορεία οικονομίας.

Μια δημοφιλής στρατηγική που έχει την βάση της στη θεμελιώδη ανάλυση είναι η στρατηγική περιστροφής (pivot strategy) που αποσκοπεί στην εκμετάλλευση συγκυριών που θα δημιουργηθούν στην αγορά.

B. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Σε αντίθεση με τις στρατηγικές θεμελιώδους ανάλυσης, οι στρατηγικές τεχνικής ανάλυσης, δεν στηρίζονται σε θεμελιώδη χρηματοοικονομικά μεγέθη της κάθε εταιρίας, αλλά σε ιστορικά δεδομένα που αφορούν αποκλειστικά τις τιμές και τους όγκους συναλλαγών κάθε μετοχής. Για τον σκοπό αυτόν, χρησιμοποιούνται διάφοροι κανόνες διαπραγμάτευσης οι οποίοι μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

1. *τους κανόνες αντίθεσης* (contrary – opinion rules). Πρόκειται για στρατηγικές που σαν στόχο έχουν να αντιτεθούν στις τοποθετήσεις που λαμβάνει η πλειοψηφία των επενδυτών.
2. *τους κανόνες έξυπνου χρήματος* (follow the smart money rules). Πρόκειται για οικογένεια στρατηγικών που αντιγράφουν την συμπεριφορά και τις επιλογές «έξυπνων» επενδυτών.
3. *τους κανόνες ορμής* (momentum rules). Πρόκειται για κανόνες με βάση τους οποίους αναπτύσσονται στρατηγικές που ακολουθούν τις τοποθετήσεις που λαμβάνει η πλειοψηφία των επενδυτών και της αγοράς.
4. *τους κανόνες τιμής και όγκου συναλλαγών* (stock price and volume rules). Πρόκειται για στρατηγικές που διαμορφώνονται με βάση αυτούς και στις οποίες η σύνθεση του χαρτοφυλακίου είναι αποτέλεσμα της επεξεργασίας δεδομένων που αφορούν τις τιμές και τους όγκους συναλλαγών των μετοχών.

Η εφαρμογή των στρατηγικών τεχνικής ανάλυσης βασίζεται μεθοδολογικά σε δύο τύπους βοηθητικών εργαλείων, στα γραφήματα (charts) και στους τεχνικούς δείκτες (technical ratios - indicators), όπως είναι οι κινητοί μέσοι, η ορμή και οι δείκτες σχετικής ανοχής.

C. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΩΜΑΛΙΩΝ

Οι στρατηγικές χαρακτηριστικών και ανωμαλιών αφορούν την μελέτη και εντοπισμό χρεογράφων με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, είτε ανωμαλίες που παρατηρούνται στην αγορά. Πιο συγκεκριμένα, περιλαμβάνουν τις ακόλουθες στρατηγικές:

1. *στρατηγικές χαρακτηριστικών (security characteristics strategies)*, οι οποίες στηρίζουν την ανάλυση τους σε χρήση δεικτών όπως είναι τα κέρδη ανά μετοχή, η λογιστική αξία της εταιρίας προς την χρηματιστηριακή αξία της εταιρίας και η κεφαλαιοποίηση της μετοχής στην αγορά.
2. *στρατηγικές επενδυτικών στυλ (investment styles strategies)*, οι οποίες σχεδιάζονται πάνω στους άξονες του μεγέθους της αξίας κεφαλαιοποίησης και της αξίας – ανάπτυξης της κάθε εταιρίας.
3. *στρατηγικές ανωμαλιών της αγοράς (market anomalies strategies)*, οι οποίες αναφέρονται σε συμπεριφορές αποδόσεων μετοχών που δεν μπορούν να προβλεφθούν χρησιμοποιώντας κλασσικά υποδείγματα αποτίμησης.

2.4.2 ΠΑΘΗΤΙΚΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ (PASSIVE PORTFOLIO MANAGEMENT STRATEGIES)

Στις παθητικές στρατηγικές, οι διαχειριστές των επενδύσεων έχουν σημαντικά λιγότερη ελευθερία κινήσεων και επιλογών και ο ρόλος τους περιορίζεται στο να συμμορφώνονται σε συγκεκριμένα και αυστηρώς ορισμένα κριτήρια. Τέτοια κριτήρια για παράδειγμα είναι, το χαρτοφυλάκιο που θα συσταθεί να πετυχαίνει, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια και συνέπεια, αποδόσεις ίδιες με αυτές ενός Χρηματιστηριακού Δείκτη (όπως για παράδειγμα είναι ο S&P 500 στη αγορά της Νέας Υόρκης και ο FTSE στην αγορά του Λονδίνου). Αυτό το πετυχαίνουν μέσω της κατάλληλης επένδυσης σε ένα σύνολο μετοχών, οι οποίες συμμετέχουν στον Δείκτη που καλούνται να αναπαράγουν.

Στόχος των παθητικών στρατηγικών διαχείρισης είναι η σύνθεση χαρτοφυλακίων στα οποία θα συνδυάζονται τρία βασικά χαρακτηριστικά:

- ο μακροπρόθεσμος ορίζοντας,
- οι περιορισμένες διαφοροποιήσεις στη σύνθεση τους, και
- η ελαχιστοποίηση των εξόδων συναλλαγής σε επίπεδο διαχείρισης.

Όπως φαίνεται και στο γράφημα που παρουσιάστηκε, οι παθητικές στρατηγικές διαχείρισης μπορούν να διαχωριστούν σε δύο βασικές οικογένειες. Την πρώτη αποτελούν οι **Στρατηγικές Αγοράς και Διακράτησης (buy and hold strategies)**, ενώ την δεύτερη οι **Στρατηγικές Αντιστοίχισης Δείκτη (indexing strategies)**. Η τελευταία μπορεί να αναλυθεί σε επιμέρους υποκατηγορίες τις οποίες θα παρουσιάσουμε στην συνέχεια.

A. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΑΓΟΡΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΚΡΑΤΗΣΗΣ

Μια στρατηγική αγοράς και διακράτησης αποτελεί την απλούστερη μορφή παθητικής στρατηγικής διαχείρισης επενδυτικών χαρτοφυλακίων. Επιλέγεται

κατά κύριο λόγο από ιδιώτες ή μη επαγγελματίες επενδυτές οι οποίοι δεν υποστηρίζονται από επενδυτικούς συμβούλους και ούτε έχουν πρόσβαση σε ολοκληρωμένες βάσεις πληροφοριών και εξειδικευμένα πληροφοριακά συστήματα για να υποστηρίξουν κάποια εναλλακτική και περισσότερο απαιτητική στρατηγική διαχείρισης. Για τον λόγο αυτό, στη βάση της συγκεκριμένης στρατηγικής, η σύνθεση του χαρτοφυλακίου πραγματοποιείται κατά τρόπο ευρετικό, κάτω από το υποκειμενική κρίση του εκάστοτε επενδυτή.

Η στρατηγική αγοράς και διακράτησης μπορεί να εφαρμοστεί σε χαρτοφυλάκια διάφορων τύπων χρεογράφων. Παρουσιάζουν, ωστόσο, σημαντικές διαφορές οι οποίες εξαρτώνται από τη φύση και τις ιδιαιτερότητες των διαφορετικών τύπων χρεογράφων. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι σε αντίθεση με μια στρατηγική αγοράς και διακράτησης ενός χαρτοφυλακίου ομολόγων, η οποία ολοκληρώνεται χρονικά τη στιγμή που τα περιεχόμενα προϊόντα ωριμάζουν στη λήξη τους, μια στρατηγική αγοράς και διακράτησης ενός μετοχικού χαρτοφυλακίου ολοκληρώνεται όταν το ποσοστό μεταβολής της συνολικής αξίας της τοποθέτησης είναι εκείνο που θα ικανοποιήσει τον επενδυτή.

Εξάλλου, η αποτελεσματικότητα ενός χαρτοφυλακίου που έχει συσταθεί ακολουθώντας μια στρατηγική αγοράς και διακράτησης, κρίνεται αποκλειστικά στην βάση της επίτευξης ή μη θετικών πρόσημών απόδοσης, ανεξάρτητα με την πορεία της αγοράς.

B. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗΣ ΔΕΙΚΤΗ

Οι Στρατηγικές Αντιστοίχισης Δείκτη ή Στρατηγικές Δείκτη (Index Tracking ή Indexing) αποτελούν τον βασικό εκπρόσωπο των Παθητικών Στρατηγικών Διαχείρισης και περιγράφει τη διαδικασία κατά την οποία γίνεται προσπάθεια να αντιγράψουμε με το χαρτοφυλάκιο που συνθέτουμε την απόδοση ενός Δείκτη. Ένα παθητικά διαχειριζόμενο χαρτοφυλάκιο είναι γνωστό σαν Χαρτοφυλάκιο Αντιστοίχισης (Tracking Portfolio ή Tracker Fund). Σκοπός της στρατηγικής αυτής δεν είναι, επομένως, το να επιτύχει υψηλότερες επιδόσεις από εκείνες της αγοράς, αλλά η απόδοση του να συνταιριάζει με την απόδοση του επιλεγμένου δείκτη. Αυτό σημαίνει ότι ένας διαχειριστής ο οποίος επιτυγχάνει να διατηρεί σε χαμηλά επίπεδα τις αποκλίσεις μεταξύ των αποδόσεων του παθητικού χαρτοφυλακίου και του δείκτη, θεωρείται επιτυχημένος διαχειριστής. Αντιθέτως, ένας διαχειριστής ο οποίος στη βάση μιας παθητικής στρατηγικής, συστηματικά επιχειρεί να επιτύχει μεγαλύτερες αποδόσεις από τον δείκτη που ακολουθεί, παραβιάζει ουσιαστικά τη δήλωση της επενδυτικής πολιτικής του πελάτη του και κατά επέκταση δεν μπορεί να θεωρηθεί επιτυχημένος.

Οι βάση των παραπάνω στρατηγικών βρίσκεται στην **Υπόθεση Αποτελεσματικών Αγορών** (Efficient Market Hypothesis, EMH) η οποία συνοπτικά υποστηρίζει ότι δεν είναι δυνατόν να υπερτερείς σε απόδοση σε σχέση με την αγορά συνεχώς σε βάθος χρόνου, καθώς και ότι τα πραγματικά κέρδη προκύπτουν από την μείωση των διαχειριστικών και λοιπών εξόδων.

Η υπόθεση των αποτελεσματικών αγορών αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1960 από την Eugene Fama και βασίζεται στην παραδοχή ότι όλη η υπάρχουσα πληροφορία, που επηρεάζει τις αγορές είναι διαθέσιμη και επεξεργάζεται άμεσα από όλους τους επενδυτές. Επομένως, στηρίζεται στην υπόθεση ότι οι τιμές τις

αγοράς προσαρμόζονται πολύ γρήγορα σε οποιαδήποτε νέα διαθέσιμη πληροφορία και ότι αυτό θα συμβεί τόσο γρήγορα, έτσι ώστε οι επενδυτές να μην προλάβουν να βγάλουν κέρδος από την γνώση της πληροφορίας αυτής. Οι διαχειριστές χαρτοφυλακίων που ενστερνίζονται την θεωρία αυτή, επομένως, πιστεύουν ότι δεν υπάρχει κανένας τρόπος με τον οποίο κάποιος να νικάει την αγορά με συνέπεια.

Τα βασικά πλεονεκτήματα μιας στρατηγικής αντιστοίχισης είναι τα χαμηλά έξοδα συναλλαγής ως αποτέλεσμα της περιορισμένων αγοραπωλησιών, καθώς και τα χαμηλά πάγια έξοδα διαχείρισης. Εξάλλου, η συγκεκριμένη στρατηγική συνεπάγεται για τον επενδυτή την ανάληψη μόνο του συστηματικού κινδύνου που ενσωματώνεται στον δείκτη που ακολουθείται και όχι των ειδικών κινδύνων που συνδέονται με κάθε επιχείρηση ξεχωριστά.

Από την άλλη πλευρά, το κύριο μειονέκτημα μιας στρατηγικής αντιστοίχισης, έχει να κάνει με το ότι, καθώς η απόδοση του παθητικού χαρτοφυλακίου ακολουθεί την απόδοση του δείκτη, μια καθοδική πορεία της αγοράς θα επηρεάσει αναπόφευκτα και την παθητική τοποθέτηση. Επιπλέον, η αντιστοίχιση δεικτών μεγάλου πλήθους χρεογράφων, πέρα από διαχειριστικές δυσκολίες, εξαιτίας των συχνών διαφοροποιήσεων της σύνθεσής τους, ενδεχομένως τελικά να συνεπάγεται και την αύξηση των εξόδων συναλλαγής.

Οι Στρατηγικές Αντιστοίχισης μπορούν να διακριθούν σε 3 βασικές υποκατηγορίες τις οποίες θα εξετάσουμε στη συνέχεια, και είναι οι:

1. η **πλήρης αντιγραφή** (full replication)
2. η **δειγματοληψία** (sampling)
3. η **βελτιστοποίηση** (optimization), η οποία αποτελεί και τη μεθοδολογία που αποτέλεσε τη βάση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΠΛΗΡΟΥΣ ΑΝΤΙΓΡΑΦΗΣ

Ας θεωρήσουμε στη συνέχεια ένα παθητικά διαχειριζόμενο κεφάλαιο με το οποίο σκοπεύουμε παρακολουθήσουμε έναν συγκεκριμένο δείκτη. Με αυτό το κεφάλαιο θα μπορούσαμε να αγοράσουμε όλες τις μετοχές οι οποίες συνθέτουν τον δείκτη, στις αντίστοιχες αναλογίες, και κατά συνέπεια να αναπαράγουμε πλήρως τον δείκτη αυτό. Η προσέγγιση αυτή είναι γνωστή με τον όρο Πλήρης Αντιγραφή. Παρά την απλότητα της, η στρατηγική της πλήρους αντιγραφής έχει ορισμένα σημαντικά μειονεκτήματα:

1. Συγκεκριμένες μετοχές οι οποίες συνιστούν τον δείκτη μπορεί να συμμετέχουν με πολύ μικρές (σε ποσοστιαία βάση) ποσότητες. Για παράδειγμα, στην περίπτωση κατά την οποία ο αριθμός των ξεχωριστών μετοχών που συμμετέχουν στον δείκτη είναι αρκετά μεγάλος αυτό συμβαίνει αναπόφευκτα. Αυτό μπορεί δυσκολεύει σημαντικά τη διαχείριση του χαρτοφυλακίου, δεδομένου ότι μπορεί για ορισμένες από τις μετοχές να υπάρχει περιορισμένη αγορά και συνεπώς να είναι ακριβές για να τις αγοράσεις.

2. Στην περίπτωση κατά την οποία η υποκείμενη σύσταση του δείκτη υφίσταται αναθεώρηση, τα ποσοστά συμμετοχής όλων των μετοχών θα χρειαστεί να τροποποιηθούν προκειμένου να αντικατοπτρίζουν την καινούργια τους βαρύτητα στον δείκτη. Αναθεώρηση του δείκτη μπορεί να συμβεί για διάφορους λόγους. Για παράδειγμα, μια εταιρία μπορεί να έχει αναπτυχθεί σημαντικά, στο διάστημα που μεσολάβησε από την προηγούμενη αναθεώρηση, σε βαθμό που πλέον να χρειάζεται να συμπεριληφθεί στον δείκτη, αποκλείοντας πιθανώς μια άλλη εταιρία από αυτόν. Οι συγχωνεύσεις εταιριών αποτελούν μια άλλη αιτία για την οποία η σύσταση των δεικτών αναθεωρείται. Τα τελευταία χρόνια, η μεγάλη πτώση της τιμής μιας μετοχής, σε όρους κεφαλαιοποίησης αγοράς, σε βαθμό ώστε μια άλλη μετοχή να διεκδικεί την συμπερίληψη της στον δείκτη, αποτελεί έναν επιπλέον συνήθη λόγο για τον οποίο μια μετοχή μπορεί να αποκλειστεί από έναν δείκτη. Η σύσταση του S&P 500, παραδείγματος χάριν, μόνο το έτος 2000 υπέστη 60 αναθεωρήσεις.

3. Πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας τα κόστη συναλλαγών που συνδέονται με την αγοραπωλησία μετοχών. Η στρατηγική πλήρης αντιγραφή, συνεπάγεται τον υπολογισμό της συμμετοχής των μετοχών μέσω μιας απλής μαθηματικής φόρμουλας, χωρίς, επομένως, να παρέχει κάποιον τρόπο με τον οποίο να δύναται ο επενδυτής να εμποδίσει τα κόστη συναλλαγών από το να φτάσουν σε πολύ υψηλά επίπεδα.

Γίνεται αντιληπτό από τα παραπάνω γιατί πολλά παθητικώς διαχειριζόμενα χαρτοφυλάκια διατηρούν στην σύσταση τους λιγότερες μετοχές σε σχέση με αυτές που συμπεριλαμβάνονται στον δείκτη που παρακολουθούν.

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Η στρατηγική της δειγματοληψίας αντιμετωπίζει τις δυσχέρειες που παράγει η πλήρης αντιγραφή δεικτών με μεγάλο πλήθος χρεογράφων. Τα χαρτοφυλάκια που κατασκευάζονται στη βάση αυτής της στρατηγικής δεν περιέχουν όλες τις μετοχές του δείκτη, αλλά αντιπροσωπευτικά, ένα μικρότερο υποσύνολο. Οι ποσοστώσεις των μετοχών του παθητικού χαρτοφυλακίου διαφοροποιούνται σε σχέση με αυτές του δείκτη, με τρόπο όμως που διασφαλίζεται ότι τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά του δείκτη θα διατηρούνται. Από την άλλη πλευρά όμως, καθώς η συγκεκριμένη στρατηγική δεν αντιγράφει πλήρως τον δείκτη, οι αποκλίσεις αντιστοίχισης που θα καταγραφούν ενδεχομένως να μην είναι αμελητέες.

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Μετά την παρουσίαση των μειονεκτημάτων σχετικά με τη μέθοδο της πλήρης αντιγραφής ενός δείκτη καθώς και της στρατηγικής δειγματοληψίας, ένα φυσικό πρόβλημα αποφάσεως που προκύπτει είναι με ποιόν τρόπο μπορούμε να αναπαραγάγουμε (χωρίς φυσικά να αναμένουμε τέλειο αποτέλεσμα) την απόδοση ενός δείκτη χρησιμοποιώντας λιγότερες μετοχές, ενώ παράλληλα θα περιορίζουμε και τα υπεισερχόμενα κόστη συναλλαγών. Το παραπάνω πρόβλημα, αναφέρεται και σαν *Πρόβλημα Αντιστοίχισης Δείκτη* (Index Tracking Problem), ενώ οι μετοχές οι οποίες μαζί με τις σχετικές αναλογίες τους που

επιλέγουμε για να αντιγράψουμε την απόδοση του δείκτη συνιστούν το *Χαρτοφυλάκιο Αντιστοίχισης* (Tracking Portfolio).

Μια ευρέως διαδεδομένη και αποδεκτή λύση που βασίζεται σε τεχνικές βελτιστοποίησης, αξιοποιεί για την κατασκευή του παθητικού χαρτοφυλακίου τις ιστορικές αποδόσεις και συσχετίσεις των μετοχών του δείκτη. Αυτές εισάγονται σε ένα μοντέλο μαθηματικού προγραμματισμού, μέσω του οποίου ελαχιστοποιείται η απόκλιση αποδόσεων μεταξύ χαρτοφυλακίου και δείκτη. Καθώς όμως η μεταβλητότητα των τιμών μπορεί να κατά περιόδους να είναι ιδιαίτερα μεγάλη, η συγκεκριμένη στρατηγική είναι δυνατόν να οδηγήσει σε μεγάλες αποκλίσεις αντιστοίχισης.

Κύρια έννοια στην παθητική διαχείριση χαρτοφυλακίων η οποία αποτελεί και το μέτρο με το οποίο ποσοτικοποιούνται οι αποκλίσεις αντιστοίχισης, είναι αυτή του σφάλματος αποτύπωσης (tracking error).

Για μια ακολουθία T χρονικών περιόδων, το σφάλμα αποτύπωσης ορίζεται μέσω της έκφρασης:

$$TE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (\Delta_t - \bar{\Delta})^2}{T - 1}}$$

, όπου Δ_t ορίζεται η διαφορική απόδοση (differential return) μεταξύ παθητικού χαρτοφυλακίου και δείκτη κατά την περίοδο t . Για την διαφορική απόδοση μεταξύ παθητικού χαρτοφυλακίου και δείκτη έχουμε:

$$\Delta_t = R_{pt} - R_{bt}$$

, όπου R_{pt} και R_{bt} οι αποδόσεις του παθητικού χαρτοφυλακίου και του δείκτη κατά την περίοδο t . Για την απόδοση του χαρτοφυλακίου θα ισχύει ότι:

$$R_{pt} = w_i * R_{it}$$

, όπου w_i είναι το ποσοστό του κεφαλαίου που επενδύεται στο χρεόγραφο i και R_{it} είναι η απόδοση αυτού κατά την περίοδο t .

Οι προαναφερθείσες στρατηγικές είναι οι θεμελιώδεις που υπάρχουν, ενώ είναι δυνατοί και εμφανίζονται στην πράξη και συνδυασμοί αυτών των στρατηγικών. Στους συνδυασμούς αυτούς, ένα ποσοστό του επενδυμένου κεφαλαίου επενδύεται παθητικά ενώ το υπόλοιπο ενεργητικά.

Μια υβριδική στρατηγική, την οποία η πλειοψηφία των αναλυτών την εντάσσουν στις παθητικές στρατηγικές, παρόλο που διαθέτει αρκετά κοινά χαρακτηριστικά και με τις ενεργητικές στρατηγικές, είναι η *Ενισχυμένη Στρατηγική Δείκτη* (Enhanced Indexation). Η στρατηγική αυτή, στοχεύει πέρα από την αναπαραγωγή των αποδόσεων του δείκτη, στην παραγωγή επιπλέον απόδοσης, ίση με έναν σταθερό ποσοστιαίο όρο που καθορίζεται από τον επενδυτή. Μια έκφραση που συναντάται συχνά, αναφορικά με την ενισχυμένη στρατηγική δείκτη είναι η «adding alpha». Η έκφραση αυτή συνδέεται με την

οπτική της στρατηγικής αυτής η οποία είναι βασισμένη στην θεωρία της παλινδρόμησης. Σύμφωνα με αυτήν, η ευθεία παλινδρόμησης της απόδοσης του παραγόμενου από αυτήν την στρατηγική χαρτοφυλακίου, σε σχέση με την απόδοση που επιτυγχάνει ο υπό αντιστοίχιση δείκτης, εμφανίζει υψηλότερες τιμές της τεταγμένης (α) συγκριτικά με άλλα χαρτοφυλάκια. Αναφέρεται σε αυτό το σημείο ότι για ένα χαρτοφυλάκιο το οποίο αντιγράφει ιδανικά τον επιλεγμένο δείκτη, η τεταγμένη της ευθείας παλινδρόμησης μεταξύ των αποδόσεων του χαρτοφυλακίου αυτού και του δείκτη θα είναι ίση με το μηδέν ενώ η κλίση της ευθείας (β) θα είναι ίση με τη μονάδα.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ο φορμαλισμός που χρησιμοποιείται για την ενισχυμένη στρατηγική δείκτη είναι μια απλή επέκταση του αντίστοιχου φορμαλισμού που χρησιμοποιείται για την στρατηγική δείκτη. Συνεπώς για διευκόλυνση θα χρησιμοποιούμε την ίδια ορολογία και ανάλυση και για τις δύο στρατηγικές και η διαφοροποίηση τους θα γίνει στη συνέχεια όταν θα εισάγουμε έναν επιπλέον παράγοντα που θα καθορίζει την επιπρόσθετη ποσοστιαία απόδοση, σε σχέση με αυτή του υπό αντιστοίχιση δείκτη, την οποία θέλουμε να λάβουμε σαν επιπλέον απόδοση από το χαρτοφυλάκιο μας.

Αξίζει, τέλος, στο σημείο αυτό να γίνει αναφορά σε μια μέθοδο εφαρμογής των παθητικών στρατηγικών, και πιο συγκεκριμένα της στρατηγικής αντιστοίχισης δείκτη, που βρίσκει πολλούς υποστηρικτές λόγω της ευκολίας διαχείρισης που προσφέρει στους επενδυτές.

EXCHANGE TRADED FUND

Μια μέθοδος με την οποία μπορούν οι επενδυτές να χρησιμοποιήσουν τη στρατηγική δείκτη είναι η αγορά ενός **Διαπραγματεύσιμου Αμοιβαίου Κεφαλαίου (Exchange Traded Fund, ETF)**. Η μέθοδος αυτή έχει κερδίσει σημαντική προσοχή και ακόλουθους ειδικά στις ΗΠΑ και για αυτό το λόγο κρίνεται σκόπιμη η ξεχωριστή αναφορά.

Ένα ETF μπορεί να γίνει αντικείμενο διαπραγμάτευσης όπως μια μετοχή, αλλά η αξία του σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή αντικατοπτρίζει την υποκείμενη αξία ενός δείκτη. Το βασικό πλεονέκτημα των ETF's είναι ότι είναι συνεχώς αντικείμενα συναλλαγών και συνεπώς μπορούν να αγοραστούν και να πωληθούν πάρα πολύ γρήγορα (για σχετικά μικρές ποσότητες).

Συνεπώς, δίνουν την δυνατότητα στους επενδυτές να μπουν στην αγορά ενός δείκτη όταν εκείνος είναι χαμηλά (και αντίστροφα να πουλήσουν όταν είναι υψηλά) χωρίς να υφίστανται το μη συστημικό ρίσκο.

Τα ETF's αποτελούν μια πολύ δημοφιλή επιλογή στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Αξίζει να αναφερθεί ότι στο Αμερικάνικο Χρηματιστήριο Αξιών (American Stock Exchange, ASE), κατά τη διάρκεια του έτους 2000, η κατά μέσο όρο ημερήσια διακίνηση των ETF's σχεδόν διπλασιάστηκε για 6 συνεχόμενη χρονιά. Εκτός των ΗΠΑ τα ETF's είναι σχετικά καινούργια μιας και, για παράδειγμα, στο Ηνωμένο Βασίλειο εμφανίστηκαν πρώτη φορά μόλις το 2000. Τα μεγαλύτερα ETF's, τα οποία είναι το SPDR's (SPY) που ακολουθεί το δείκτη S&P 500 καθώς και το Nasdaq 100 Trust Shares (QQQ) που ακολουθεί αντίστοιχα τον Nasdaq 100, χρησιμοποιούν τη στρατηγική της πλήρους αντιγραφής. Κάτι το οποίο δεν ισχύει

για το σύνολο των ETF's, με χαρακτηριστικά παραδείγματα, εκείνα που αντιγράφουν τους δείκτες Fortune 500 και Wilshire 5000.

2.4.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Στηριζόμενοι στην ανάλυση των Ενεργητικών και Παθητικών στρατηγικών διαχείρισης χαρτοφυλακίων που προηγήθηκε, θα επιχειρήσουμε να παραθέσουμε συνοπτικά μια συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ των δύο γενικευμένων κατηγοριών στρατηγικών.

Οι ενεργητικές και παθητικές στρατηγικές διαχείρισης χαρτοφυλακίων εμφανίζουν αντίστοιχα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα:

- Οι ενεργητικές στρατηγικές παρουσιάζουν υψηλά σταθερά κόστη (τα οποία συνδέονται κυρίως με πληρωμές στην ομάδα που κάνει τη διαχείριση), ενώ και οι συχνές συναλλαγές που εμπλέκονται στην επιλογή μετοχών έχουν σαν αποτέλεσμα υψηλότερα κόστη συναλλαγών. Στην περίπτωση που η επιλογή είναι σωστή και το χαρτοφυλάκιο παρουσιάσει κέρδη, τα κόστη αυτά αποσβένονται πλήρως.
- Οι παθητικές στρατηγικές παρουσιάζουν σημαντικά χαμηλότερα κόστη, τόσο σταθερά όσο και αυτά που αφορούν τις συναλλαγές, αλλά έχουν το μειονέκτημα ότι στην περίπτωση που η αγορά του χρηματιστηρίου (όπως αυτή αντιπροσωπεύεται από τον αντίστοιχο δείκτη) πέσει, αναπόφευκτα το αντίστοιχα θα κινηθούν και οι αποδόσεις του χαρτοφυλακίου που προέκυψε από την αντιστοίχιση του συγκεκριμένου δείκτη.
- Στην ενεργητική διαχείριση χαρτοφυλακίου ο επενδυτής εκτίθεται τόσο στον κίνδυνο που προκύπτει από την πορεία της αγοράς (συστημικό ρίσκο), όσο και σε αυτόν που προκύπτει από την πορεία της κάθε εταιρίας (μη συστημικό ή μοναδιαίο εταιρικό ρίσκο), ενώ αντίθετα στα πλαίσια της παθητικής διαχείρισης εκτίθεται αποκλειστικά στον κίνδυνο που συνδέεται με την αγορά.

Την τελευταία δεκαετία, τόσο στην Ευρώπη όσο και στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, η παθητική διαχείριση χαρτοφυλακίων και πιο συγκεκριμένα η στρατηγική Δείκτη, δέχονται πολύ μεγάλη αναγνώριση, κάτι που οφείλεται σε δύο κυρίως λόγους:

1. Ιστορικά δεδομένα έχουν δείξει ότι:
 - a. Ενώ τα καλύτερα από τα ενεργητικώς διαχειριζόμενα χαρτοφυλάκια υπερτερούν σε απόδοση συγκριτικά με την αγορά για οποιοδήποτε συγκεκριμένο έτος, για την πλειοψηφία αυτών δεν συμβαίνει το ίδιο και μακροπρόθεσμα. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι στο Ηνωμένο Βασίλειο το 1998 μόνο το 25% των χαρτοφυλακίων που ακολουθούσαν ενεργητικές στρατηγικές κατάφεραν να αποδώσουν καλύτερα συγκριτικά με τον αντίστοιχο δείκτη, σε μια χρονική περίοδο 5 ετών.

- b. Ένα ενεργητικώς διαχειριζόμενο χαρτοφυλάκιο το οποίο αποδίδει καλύτερα σε σύγκριση με την αγορά για έναν χρόνο, μπορεί να αποτύχει να κάνει το ίδιο σε διαδοχικές χρονιές. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι στο Ηνωμένο Βασίλειο πολλά χαρτοφυλάκια τα οποία απέδωσαν καλά το έτος 1992, μέχρι το 1998 απέδιδαν χειρότερα από το 75% του συνόλου των χαρτοφυλακίων.
2. Δεδομένου ότι οι αγορές μετοχών, και κατά επέκταση και οι δείκτες που τις περιγράφουν, έχουν σε βάθος χρόνου ανέβει, μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι σημαντικά κέρδη μπορούν να αποκτηθούν χωρίς να είναι απαραίτητος ο επιπλέον κίνδυνος που συνδέεται με την ενεργητικές στρατηγικές.

2.5 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Κρίνεται σκόπιμο προτού προχωρήσουμε σε αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε να περιγράψουμε εποπτικά την βασική προσέγγιση με σκοπό να κατανοήσει καλύτερα ο αναγνώστης την αναλυτική και περισσότερο τεχνική περιγραφή που θα ακολουθήσει στο επόμενο Κεφάλαιο.

Ας θεωρήσουμε ότι παρακολουθούμε τις τιμές N μετοχών για τις χρονικές στιγμές $0, 1, 2, \dots, T$. Ας θεωρήσουμε για τις ίδιες χρονικές στιγμές τις τιμές του δείκτη που παρακολουθούμε καθώς και ότι ο χρονικός ορίζοντας της επένδυσης μας είναι L . Η τιμή που λαμβάνει το L , εξαρτάται από την συχνότητα με την οποία ο υποκείμενος δείκτης υφίσταται αναθεώρησης. Καθώς πολλοί δείκτες υφίστανται συχνά αναθεωρήσεις, χρονικοί ορίζοντες μεγαλύτεροι των 6 μηνών δεν είναι ρεαλιστικοί. Ζητούμενο της διαδικασίας είναι η επιλογή του βέλτιστου συνόλου K μετοχών, έτσι ώστε $K < N$, καθώς και τις κατάλληλες ποσότητες με τις οποίες αυτές συμμετέχουν. Στην στρατηγική αντιστοίχισης το βασικό ερώτημα που καλείται ο επενδυτής να απαντήσει είναι:

«Ποιο είναι το βέλτιστο σύνολο K μετοχών που πρέπει να επιλέξουμε (όπως και των αντίστοιχων ποσοτήτων τους) με σκοπό να παρακολουθήσουμε με την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια τον δείκτη (είτε τις πραγματικές αποδόσεις του, είτε αυτές ποσοστιαία επαυξημένες στην στρατηγική της ενισχυμένης αντιστοίχισης δείκτη) σε μια χρονική περίοδο $[T, T+L]$?»

Η βασική προσέγγιση της στρατηγικής αντιστοίχισης είναι αυτή της παρακολούθησης των ιστορικών τιμών. Δηλαδή, η παραπάνω ερώτηση μπορεί να λάβει την ακόλουθη μορφή:

«Ποια θα ήταν το βέλτιστο σύνολο K μετοχών που θα μπορούσα να έχω επιλέξει (όπως και των αντίστοιχων ποσοτήτων τους) προκειμένου να είχα παρακολουθήσει με τη μεγαλύτερη ακρίβεια το δείκτη (αντίστοιχα τις διαμορφωμένες αποδόσεις του δείκτη για την ενισχυμένη στρατηγική αντιστοίχισης δείκτη) την περίοδο $[0, T]$?»

Η βασική υπόθεση εδώ είναι ότι το παρελθόν αποτελεί οδηγό για το μέλλον και απαντώντας την δεύτερη ερώτηση, λαμβάνουμε μια απάντηση και για

την πραγματική μας ερώτηση, δηλαδή ποιες μετοχές και σε τι ποσότητες πρέπει να κρατάμε στο μέλλον για να πετύχουμε το ζητούμενο αποτέλεσμα.

Η αριθμητική τιμή που αποδόθηκε στην παράμετρο T (δηλαδή το εύρος του χρονικού διαστήματος που εξετάζουμε στο παρελθόν για να αποφανθούμε για το μελλοντικό μας χαρτοφυλάκιο αντιστοίχισης καθορίζεται απευθείας από τον εκάστοτε επενδυτή. Παρόλα αυτά για την καλύτερη απόδοση του προγράμματος θα πρέπει να συμμορφώνεται με τα ακόλουθα:

1. Η διαδικασία επιλογής που περιεγράφηκε υπονοεί ότι οι αποδόσεις των N μετοχών είναι πολυπαραγοντικές τυχαίες μεταβλητές με σταθερή μέση τιμή και σταθερό πίνακα συνδιακύμανσης. Ιδανικά, προκειμένου ο υπολογιζόμενος πίνακας συνδιακύμανσης να είναι πλήρους τάξης, χρειαζόμαστε $T > N$ (παρόλο που για δείκτες με πολύ μεγάλο N , αυτό δεν είναι επιτεύξιμο). Λοιποί πρακτικοί παράγοντες, όπως για παράδειγμα η ηλικία των μετοχών, έχουν σαν αποτέλεσμα η παράμετρος T σπάνια να ξεπερνάει τα 5 έτη.
2. Οι αποδόσεις ιδίων κεφαλαίων (return on equities) τυπικά χαρακτηρίζονται από σταθερή μέση τιμή και χρονικά εξαρτώμενη διακύμανση (ετεροσκεδαστικότητα). Οι επιπτώσεις που επιφέρει η ετεροσκεδαστικότητα εξασθενούν καθώς η συχνότητα των παρατηρήσεων μειώνεται, δηλαδή έχει μεγάλη επίπτωση σε ωριαία ή ημερήσια δεδομένα και όχι τόσο σε μηνιαία. Στα παρατιθέμενα στη συνέχεια αποτελέσματα, έχουν χρησιμοποιηθεί εβδομαδιαία δεδομένα, σαν μέση λύση των όσων αναφέρθηκαν προηγουμένως.

ΚΟΣΤΗ ΣΥΝΑΛΛΑΓΩΝ ΚΑΙ ΜΕΡΙΣΜΑΤΑ

Ο φορμαλισμός που χρησιμοποιήθηκε για το πρόβλημα της αντιστοίχισης δείκτη, περιλαμβάνει και συνυπολογίζει τα κόστη των συναλλαγών που υφίστανται κατά τη διαχείριση του χαρτοφυλακίου, και τα οποία συνδέονται με τις αγοραπωλησίες μετοχών, καθώς και ένα υπονοούμενο άνω όριο στα συνολικά αυτά κόστη που μπορεί να υπεισέλθουν. Τα κόστη συναλλαγών εμφανίζονται για δύο κυρίως λόγους:

1. Την χρονική στιγμή T μπορεί να έχουμε εισροή κεφαλαίου (καινούργιο κεφάλαιο το οποίο επενδύεται στο χαρτοφυλάκιο με την αγορά μετοχών) ή εκροή κεφαλαίου (κεφάλαιο το οποίο ρευστοποιείται με την πώληση μετοχών). Η αγορά και η πώληση μετοχών δεν γίνεται δωρεάν και συνεπώς υπεισέρχονται κόστη συναλλαγών.
2. Αντίστοιχα, ας θεωρήσουμε την περίπτωση που ήδη έχουμε συνθέσει και χρησιμοποιούμε κάποιο χαρτοφυλάκιο αντιστοίχισης το οποίο περιλαμβάνει μετοχές X_i , ($i = 1, \dots, N$). Μέσω της πληροφορίας που αντλήθηκε από την παρατήρηση και την αξιολόγηση αυτών των μετοχών την χρονική περίοδο $[0, T]$, να θεωρηθεί σκόπιμη η αναθεώρηση του χαρτοφυλακίου. Στην περίπτωση αυτή και πάλι θα χρειαστεί να εμπλακούμε σε αγοραπωλησίες μετοχών και επομένως και πάλι θα υπεισέλθουν κόστη συναλλαγών.

Τα κόστη συναλλαγών θα πρέπει να περιοριστούν με σκοπό να αποτρέψουμε την υπερβολική μείωση της αξίας του χαρτοφυλακίου μέσω αγοράς και πώλησης μετοχών.

Οι μετοχές που συνθέτουν το χαρτοφυλάκιο αντιστοίχησης παράγουν μερίσματα. Η παρακολούθηση ενός δείκτη συνολικής απόδοσης, προαπαιτεί την επανεπένδυση των μερισμάτων κατά την λήψη τους, οδηγώντας με αυτόν τον τρόπο σε υψηλότερα κόστη συναλλαγών. Συνήθως, όταν γίνεται αντιστοίχιση κάποιου δείκτη, τα πληρωτέα μερίσματα συσσωρεύονται σε έναν έντοκο λογαριασμό μέχρι την επόμενη φορά που θα γίνει αναπροσαρμογή του χαρτοφυλακίου. Αξίζει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι η σημασία των μερισματικών αποδόσεων έχει την τελευταία δεκαετία συρρικνωθεί. Οι εταιρίες τείνουν να προχωρούν σε επαναγορά ιδίων μετοχών (stock repurchase), παρά να δίνουν μερίσματα, προσφέροντας με αυτόν τον τρόπο κέρδη στους μετόχους με τη μορφή κεφαλαιουχικών κερδών (capital gains) παρά εισοδήματος. Σαν παράδειγμα αναφέρεται το έτος 1998, κατά το οποίο οι μερισματικές αποδόσεις του δείκτη S&P 500 έπεσαν πρώτη φορά στο 1.34%. Η σημασία αυτού του αριθμού γίνεται κατανοητή αν αναλογιστούμε, ότι στην περίπτωση που ή ετήσια απόδοση του δείκτη είναι 5% μεγαλύτερη από το επιτόκιο ελευθέρου κινδύνου και η μερισματική απόδοση στο 5%, σε μια περίοδο αναθεώρησης 6 μηνών η διαφορά που οφείλεται στην μη επανεπένδυση των μερισμάτων ανέρχεται μόλις στο 0.06% της αξίας του χαρτοφυλακίου.

Τα μοντέλα, στην φορμαλιστική τους μορφή, που αποφασίστηκε να υλοποιηθούν παρουσιάζονται εκτενώς στο επόμενο κεφάλαιο, το οποίο αποτελεί και μια αναλυτική περιγραφή του αλγορίθμου τον οποίο υλοποιεί το πληροφοριακό σύστημα που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

2.6 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΓΙΑ ΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ

Η παθητικές στρατηγικές διαχείρισης μετοχικών χαρτοφυλακίων, και πιο συγκεκριμένα το μοντέλο αντιστοίχισης δείκτη (index tracking) και πιο πρόσφατα το μοντέλο ενισχυμένης αντιστοίχισης δείκτη (enhanced indexation), έχουν αποτελέσει αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας και σχολιασμού από τα μισά του προηγούμενου αιώνα.

Προτού περάσουμε στη φορμαλιστική διατύπωση της προσέγγισης που χρησιμοποιήθηκε στο πληροφοριακό σύστημα που αναπτύχθηκε, κρίνεται σκόπιμο να γίνει μια επισκόπηση των μεθοδολογιών που αναπτύχθηκαν και προτάθηκαν από διάφορους ερευνητές με σκοπό ο αναγνώστης να αποκτήσει μια πληρέστερη εικόνα για την πορεία και την εξέλιξη του προβλήματος της αντιστοίχισης δείκτη με την πάροδο του χρόνου.

Η μεγάλη πλειοψηφία των εργασιών που σχετίζονται με το πρόβλημα βελτιστοποίησης και διεκπεραιώθηκαν μέχρι το 2003 έχει σαν αντικείμενο το

πρόβλημα της δημιουργίας ενός χαρτοφυλακίου, το οποίο θα προσπαθεί να αντιγράψει τη πορεία των αποδόσεων ενός δείκτη, χωρίς ωστόσο να συμπεριλαμβάνουν στις αναλύσεις τους τα υπεισερχόμενα κόστη συναλλαγών και τους περιορισμούς που συνεπάγονται αυτά. Οι μελέτες αυτές αντιμετωπίζουν το πρόβλημα του μικτού ακέραίου γραμμικού προγραμματισμού περιορίζοντας αρχικά τον αριθμό των μετοχών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την σύνθεση του χαρτοφυλακίου, ακολουθώντας στατιστικές αναλύσεις και προσπαθώντας πάντα να συμπεριλάβουν μετοχές από όλους τους τομείς μείζονας σημασίας του δείκτη. Αφού επιλεγεί το προαναφερθέν σύνολο από μετοχές, η επίλυση του προβλήματος γίνεται χωρίς την προσθήκη περιορισμών για το πλήθος των συμμετεχόντων μετοχών καθώς χρησιμοποιούνται αποκλειστικά αυτές που επελέγησαν στο πρώτο στάδιο της διαδικασίας.

Προτού προχωρήσουμε στην επισκόπηση της βιβλιογραφίας παραθέτουμε, για διευκόλυνση του αναγνώστη έναν πίνακα με τις δημοσιεύσεις, σε χρονολογικά αύξουσα διάταξη, οι οποίες θα εξετασθούν ακολούθως.

Τίτλος Δημοσίευσης	Έτος Δημοσίευσης
<i>S.D. Hodges, Problems in the application of portfolio selection models</i>	1976
<i>A. Rudd, Optimal selection of passive portfolios</i>	1980
<i>N. Meade, G.R. Salkin, Developing and maintaining an equity index fund</i>	1989
<i>R.A. Haugen, N.L. Baker, Dedicated stock portfolios</i>	1989
<i>N. Meade, G.R. Salkin, Developing and maintaining an equity index fund</i>	1990
<i>R.A. Haugen, N.L. Baker, Dedicated stock portfolios</i>	1990
<i>R. Roll, A mean/variance analysis of tracking error</i>	1992
<i>E.C. Franks, Targeting excess-of-benchmark returns</i>	1992
<i>C.J. Adcock, N. Meade, A simple algorithm to incorporate transaction costs in quadratic optimization</i>	1994
<i>K.J. Worzel, C. Vassiadou-Zeniou, S.A. Zenios, Integrated simulation and optimization models for tracking indices of fixed-income securities</i>	1994
<i>G. Connor, H. Leland, Cash management for index tracking</i>	1995
<i>Y. Tabata, E. Takeda, Bicriteria optimization problem of designing an index fund</i>	1995
<i>G.A. Larsen Jr., B.G. Resnick, Empirical insights on indexing</i>	1998
<i>H.C. Rohweder, Implementing stock selection ideas: Does tracking error optimization do any good?</i>	1998
<i>S.A. Zenios, M.R. Holmer, R. McKendall, C. Vassiadou-Zeniou, Dynamic models for fixed-income portfolio management under uncertainty</i>	1998
<i>I.R.C. Buckley, R. Korn, Optimal index tracking under transaction costs and impulse control</i>	1998

M.Y. Wang, <i>Multiple-benchmark and multiple-portfolio optimization</i>	1999
C.Alexander, <i>Optimal hedging using co-integration</i>	1999
S. Browne, <i>Beating a moving target: Optimal portfolio strategies for outperforming a stochastic benchmark</i>	1999
G. Dorfleitner, <i>A note on the exact replication of a stock index with a multiplier rounding method</i>	1999
D.B. Keim, <i>An analysis of mutual fund design: The case of investing in small-cap stocks</i>	1999
M. Rudolf, H.-J. Wolter, H. Zimmermann, <i>A linear model for tracking error minimization</i>	1999
G. Bamberg, N. Wagner, <i>Equity index replication with standard and robust regression estimators</i>	2000
M. Ammann, H. Zimmermann, <i>Tracking error and tactical asset allocation</i>	2001
A. Consiglio, S.A. Zenios, <i>Integrated simulation and optimization models for tracking international fixed income indices</i>	2001
M. Gilli, E. Kellezi, <i>The threshold accepting heuristic for index tracking</i>	2002
R. Jansen, R. van Dijk, <i>Optimal benchmark tracking with small portfolios</i>	2002
J.E. Beasley, N. Meade, T.-J. Chang, <i>An evolutionary heuristic for the index tracking problem</i>	2003
U. Derigs, N.-H. Nickel, <i>Meta-heuristic based decision support for portfolio optimization with a case study on tracking error minimization in passive portfolio management</i>	2003
N. Okay, U. Akman, <i>Index tracking with constraint aggregation</i>	2003
S.M. Focardi, F.J. Fabozzi, <i>A methodology for index tracking based on time series clustering</i>	2004
Y. Fang, S.-Y. Wang, <i>A fuzzy index tracking portfolio selection model</i>	2004
A.A. Gaivoronoski, S. Krylov, N. van der Wijst, <i>Optimal portfolio selection and dynamic benchmark tracking</i>	2005
K.J. Oh, T.Y. Kim, S. Min, <i>Using genetic algorithm to support portfolio optimization for index fund management</i>	2005
C. Dose, S. Cincotti, <i>Clustering of financial time series with application to index and enhanced index tracking portfolio</i>	2005
H. Konno, T. Hatagi, <i>Index-plus-alpha tracking under concave transaction cost</i>	2005
F. Corielli, M. Marcellino, <i>Factor based index tracking</i>	2006
D.D. Yao, S. Zhang, X.Y. Zhou, <i>Tracking a financial benchmark using a few assets</i>	2006
L. Yu, S. Zhang, X.Y. Zhou, <i>A downside risk analysis based on financial index tracking mode</i>	2006
A.S.J. Stoyan, B.R.H. Kwon, <i>A two-stage stochastic mixed-integer programming approach to the index tracking problem</i>	2007

L.C. Wu, S.C. Chou, C.C. Yang, C.S. Ong, <i>Enhanced index investing based on goal programming</i>	2007
D. Colwell, N. El-Hassan, O.K. Kwon, <i>Hedging diffusion processes by local risk minimization with applications to index tracking</i>	2007
N.A Canakgoz, J.E Beasley, <i>Mixed-integer programming approaches for index tracking and enhanced indexation</i>	2008
S.J. Stoyan R.H. Kwon, <i>A two-stage stochastic mixed-integer programming approach to the index tracking problem</i>	2009
C. Gomes, H. Waelbroeck, <i>Transaction Cost Analysis to Optimize Trading Strategies</i>	2010
B. Boscaljon, G. Filbeck, X. Zhao, <i>Why track inefficiency?</i>	2011
N.Meade, J.E. Beasley, <i>Detection of momentum effects using an index out-performance strategy</i>	2011
J.E. Beasley, M. Woodside-Oriakhi, C. Lucas, <i>Portfolio rebalancing with an investment horizon and transaction costs</i>	2013
J.E. Beasley, H. Mezali, <i>Quantile regression for index tracking and enhanced indexation</i>	2013
J.E. Beasley, H. Topaloglu, <i>Portfolio optimization: models and solution approaches</i>	2013

Πίνακας 2.1 : Τίτλοι δημοσιεύσεων που χρησιμοποιήθηκαν στην βιβλιογραφική επισκόπηση

Οι πρώτες απόπειρες για τη δημιουργία ενός μοντέλου βελτιστοποίησης έγιναν την δεκαετία του '70, όταν ο Hodges χρησιμοποίησε μια προσέγγιση που βασιζόταν στη θεωρία μέσου – διακύμανσης χαρτοφυλακίου του Markowitz προσπαθώντας να το εφαρμόσει και να το αξιοποιήσει στα πλαίσια των παθητικών στρατηγικών διαχείρισης χαρτοφυλακίων. Στην εργασία που εκδόθηκε πρότεινε, ότι η επίδραση των σφαλμάτων στις προβλέψεις των αναμενόμενων αποδόσεων μπορεί να μειωθεί αν οι προβλέψεις αυτές χρησιμοποιηθούν με στόχο να τροποποιήσουν μία εκ των προτέρων κατανομή χρεογράφων η οποία οδηγεί σε ελάχιστη δραστηριότητα συναλλαγών. Η αποτελεσματική διαφοροποίηση ανάμεσα στις βιομηχανικές ομάδες συνήθως παρεμποδίζεται από τις δυσκολίες που υπάρχουν στην πρόβλεψη των διακυμάνσεων. Με τη χρήση όμως ενός μοντέλου επιλογής χρεογράφων, μία τέτοια διαφοροποίηση είναι εφικτή και αλλάζει σε μεγάλο βαθμό τόσο τις προαναφερθείσες προβλέψεις, όσο και τις σχέσεις στις οποίες βασίζονται οι επενδυτές για τον καθορισμό του κατάλληλου χρονικού ορίζοντα και της αναμενόμενης απόδοσης των χαρτοφυλακίων. Θεωρητικά, στην εργασία η δοκιμή βελτιστοποίησης έγινε συγκρίνοντας την καμπύλη που συσχετίζει τη διακύμανση των τιμών με την απόδοση που ξεπερνάει ένα συγκεκριμένο δείκτη, με την καμπύλη που συσχετίζει διακύμανση και απόδοση στο κλασικό μοντέλο μέσου - διακύμανσης του Markowitz.

Ο Rudd (1980) κατασκεύασε έναν απλό ευρετικό αλγόριθμο για την πραγματοποίηση της βελτιστοποίησης και παρουσίασε ένα παραγοντικό μοντέλο (factor model). Τα μοντέλα αυτά συσχετίζουν την απόδοση μιας μετοχής με έναν

ή περισσότερους θεμελιώδης οικονομικούς παράγοντες. Ένα μονοπαραγοντικό μοντέλο, για παράδειγμα, μπορεί να εργαστεί αρχικά εκτελώντας μία γραμμική παλινδρόμηση της απόδοσης κάθε μετοχής σχετικά με την απόδοση του δείκτη στον οποίο ανήκει. Μία εξίσωση της μορφής:

$$stock\ return_i = constant + \beta_i * index\ return,$$

, η οποία δημιουργείται για κάθε μετοχή i .

Στην συνέχεια κατασκευάζεται ένα μοντέλο ελαχιστοποίησης διακύμανσης, με τον περιορισμό ότι ο συντελεστής βήτα (beta) του χαρτοφυλακίου είναι ίσος με 1 (αφού ο συντελεστής παλινδρόμησης του δείκτη είναι ίσος με 1), και λύνεται για να βρεθεί το χαρτοφυλάκιο που ακολουθεί βέλτιστα τον δείκτη. Ο Rudd πρότεινε τα κόστη συναλλαγών να ενσωματωθούν στην αντικειμενική συνάρτηση του μοντέλου παραγόντων, εισάγοντας μία παράμετρο στάθμισης, με στόχο να αποθαρρύνει τις επιπλέον συναλλαγές από τη στιγμή που έχει δημιουργηθεί το αρχικό χαρτοφυλάκιο. Η προσέγγιση που χρησιμοποίησε ανταποκρίνεται στην περίπτωση που τα κόστη συναλλαγών δεν είναι άνω φραγμένα και καλύπτονται από ξεχωριστό λογαριασμό, όχι από το κεφάλαιο που είναι διαθέσιμο για τη δημιουργία του χαρτοφυλακίου. Παρουσίασε, τέλος, αποτελέσματα για χαρτοφυλάκια που ακολουθούν τον δείκτη S&P 500.

Οι Toy και Zurack (1989) εργάστηκαν πάνω στη δημιουργία παθητικών χαρτοφυλακίων που ακολουθούν τον δείκτη Euro-Pac, ο οποίος περιελάμβανε 1650 μετοχές, και του FT, ο οποίος περιελάμβανε περίπου 2400 μετοχές σε 24 χώρες καλύπτοντας 36 βιομηχανικούς κλάδους. Ο στόχος τους ήταν να εξαπλωθεί η διαδικασία της παθητικής διαχείρισης σε δείκτες στους οποίους δεν ανήκουν μετοχές των Η.Π.Α, καθώς μέχρι εκείνο το χρονικό σημείο οι περισσότεροι επενδυτές δεν είχαν δείξει ενδιαφέρον για μια τέτοια αλλαγή. Ο τρόπος με τον οποίο προχώρησαν στο εγχείρημα αυτό ήταν, να κατασκευάσουν αρχικά παθητικά χαρτοφυλάκια που ακολουθούν μεμονωμένους δείκτες διαφόρων χωρών και στη συνέχεια να δημιουργήσουν ένα 'γενικό' χαρτοφυλάκιο από το συνδυασμό των παραπάνω. Δεν εργάστηκαν πάνω στον τρόπο με τον οποίο θα γίνεται η βελτιστοποίηση όμως, καθώς χρησιμοποιήθηκε λογισμικό βελτιστοποίησης ('optimization software') που ήταν διαθέσιμο στο εμπόριο.

Οι Meade και Salkin (1989) έδωσαν μία μαθηματική διατύπωση στο σφάλμα αποτύπωσης (tracking error), η οποία επέτρεπε να λυθεί το πρόβλημα με χρήση τετραγωνικού προγραμματισμού. Μελέτησαν επίσης την επίδραση που είχε στο χαρτοφυλάκιο ο περιορισμός του, ούτως ώστε να έχει αντίστοιχα χαρακτηριστικά με αυτά του δείκτη. Χρησιμοποίησαν ιστορικά δεδομένα από το χρηματιστήριο του Τόκιο, τα οποία έδειξαν ότι δεν προκύπτει κάποιο όφελος από τον επιπλέον αυτόν περιορισμό.

Πάλι οι Meade και Salkin (1990) επεκτάθηκαν σε προηγούμενη δουλειά τους και μελέτησαν την διαδικασία της βελτιστοποίησης υπό το πρίσμα της παραδοχής ότι, οι αποδόσεις των μετοχών και του δείκτη ακολουθούν μία παλινδρομική γύρω από τον εαυτό τους και σκεδαστική γύρω από τα υπόλοιπα στοιχεία διαδικασία, με συγκεκριμένους φυσικά περιορισμούς. Χρησιμοποιώντας

την παραδοχή αυτή έλυσαν το πρόβλημα βελτιστοποίησης με χρήση τετραγωνικού προγραμματισμού. Παρουσίασαν αποτελέσματα κάνοντας χρήση ιστορικών δεδομένων από το χρηματιστήριο του Λονδίνου, στα οποία φαίνεται η αποτελεσματικότητα της περιοδικής αναπροσαρμογής του παθητικού χαρτοφυλακίου που κατασκευάστηκε με το μοντέλο τους. Στην εργασία αυτή λαμβάνουν υπόψη τα κόστη συναλλαγών σε κάθε αναπροσαρμογή του χαρτοφυλακίου, αλλά δεν έχουν προσθέσει κάποιον περιορισμό στη μοντελοποίηση τους, αναφορικά στο ποσοστό της επένδυσης που καταλαμβάνουν.

Οι Haugen και Baker (1990) επεκτάθηκαν στο μοντέλο ενός παράγοντα του Rudd, δημιουργώντας ένα μοντέλο πολλών παραγόντων (Multi-factor model). Παρουσίασαν αποτελέσματα χαρτοφυλακίων μετοχών τα οποία ακολουθούσαν έναν καταναλωτικό δείκτη (consumer price index , CPI). Οι Larsen και Resnick (1998) χρησιμοποίησαν το μοντέλο του Rudd για να κατασκευάσουν παθητικά χαρτοφυλάκια, με στόχο να ερευνήσουν σε τι βαθμό μπορούσαν να ακολουθήσουν έναν αριθμό από δείκτες, δημιουργίας τους, και να μελετήσουν την επίδραση που είχε η χρονική στιγμή, στην οποία γινόταν ο επαναπροσδιορισμός της σύστασης των χαρτοφυλακίων, στην αποτελεσματικότητά τους.

Ο Roll (1992) εργάστηκε πάνω στο μοντέλο του Markowitz, συγκρίνοντας την καμπύλη που συσχετίζει τη διακύμανση των τιμών με την απόδοση που ξεπερνάει ένα συγκεκριμένο δείκτη, με την καμπύλη που συσχετίζει διακύμανση και απόδοση στο κλασσικό μοντέλο μέσου-διακύμανσης. Επίσης επιχείρησε να συνδυάσει το μοντέλο του Markowitz με τα μοντέλα παραγόντων, εισάγοντας έναν περιορισμό στον συντελεστή Βήτα του χαρτοφυλακίου που ακολουθεί τον δείκτη, με αποτέλεσμα να βελτιώσει την απόδοση του.

Το μοντέλο του Markowitz χρησιμοποιήθηκε και από επόμενους ερευνητές, με διάφορες τροποποιήσεις, με στόχο την δημιουργία παθητικών χαρτοφυλακίων. Ο Franks (1992) διεκπεραίωσε μία προσομοίωση παθητικής διαχείρισης με 5 μετοχές σε χρονικό διάστημα 50 χρόνων, χρησιμοποιώντας ένα τροποποιημένο μοντέλο Markowitz. Ο Rohweder (1998) πρότεινε την δημιουργία χαρτοφυλακίων χρησιμοποιώντας τόσο βελτιστοποίηση του σφάλματος αποτύπωσης (tracking error optimization - TEO), όσο και προβλέψεις που αφορούν την μελλοντική πορεία των μετοχών που το αποτελούν, καθώς χαρτοφυλάκια κατασκευασμένα αποκλειστικά με τη χρήση 'TEO' εμφανίζουν αποκλίσεις από τους δείκτες που ακολουθούν. Παρουσίασε επίσης ένα μοντέλο Markowitz το οποίο περιλαμβάνει στην αντικειμενική συνάρτηση έναν όρο που αφορά τα κόστη συναλλαγών. Σύμφωνα με τον Wang (1999), το πρόβλημα βελτιστοποίησης μπορεί να λυθεί με τον αλγόριθμο του μοντέλου Markowitz. Για να υποστηρίξει τη δήλωση αυτή, παρουσίασε ένα μοντέλο Markowitz, στο οποίο είχαν γίνει αλλαγές με στόχο την όσο το δυνατόν καλύτερη αντιμετώπιση του προβλήματος δημιουργίας παθητικού χαρτοφυλακίου. Επίσης, στην αντικειμενική συνάρτηση του είχαν συμπεριληφθεί, πέρα από έναν όρο που αφορά τα κόστη συναλλαγών, όροι που αφορούν την παρακολούθηση περισσότερων από έναν δεικτών.

Οι Adcock και Meade (1994) ερευνήσαν το πρόβλημα της αναπροσαρμογής ενός παθητικού χαρτοφυλακίου (βασισμένου στη στρατηγική βελτιστοποίησης) στη διάρκεια του χρόνου, λαμβάνοντας υπόψη τον παράγοντα των εξόδων συναλλαγής σε κάθε αναπροσαρμογή. Τα κόστη αυτά συναλλαγής συμπεριλαμβάνονται, με τη χρήση ενός παράγοντα στάθμισης, στην αντικειμενική συνάρτηση του μοντέλου που παρουσιάστηκε, αλλά δεν υπάρχει κάποιος περιορισμός ως προς το ποσοστό του διαθέσιμου κεφαλαίου που καταναλώνεται σε αυτά. Παρουσιάστηκαν επίσης αποτελέσματα για ένα παθητικό χαρτοφυλάκιο 200 μετοχών.

Οι Worzel et al. (1994) παρουσίασε την προσέγγιση του, που βασιζόταν στην εκτέλεση πολλαπλών σεναρίων δημιουργίας χαρτοφυλακίων, κατά την παρακολούθηση ενός συγκεκριμένου δείκτη (mortgage index). Η μοντελοποίηση του προβλήματος που χρησιμοποίησε, η οποία λαμβάνει υπόψη τα ιστορικά στοιχεία μίας μόνο περιόδου, έχει σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μεγιστοποιεί την απόδοση ενώ ταυτόχρονα περιορίζει, σε όλα τα σενάρια, την πιθανότητα η απόδοση του χαρτοφυλακίου να πέσει κάτω από την απόδοση του δείκτη. Τα κόστη συναλλαγής έχουν συμπεριληφθεί στη συγκεκριμένη μοντελοποίηση, αλλά δεν υπάρχει κάποιος περιορισμός ως προς το ποσό που καταναλώνεται σε αυτά.

Η ίδια ακριβώς προσέγγιση χρησιμοποιείται από τους Consiglio και Zenios (2001) με στόχο την παρακολούθηση ενός δείκτη ομολόγων. Επίσης το 1998, οι Zenios et al. παρουσίασαν ένα μοντέλο, το οποίο είχε ως στόχο να παρακολουθήσει σε διάρκεια πολλών χρονικών περιόδων ένα δείκτη. Στο μοντέλο αυτό χρησιμοποιείται πολυσταδιακός στοχαστικός προγραμματισμός (stochastic programming) σε συνδυασμό με τα περιγραφικά μοντέλα προσομοίωσης Monte Carlo. Πραγματοποιούνται επίσης εκτενή πειράματα, ώστε να επικυρωθεί η αποτελεσματικότητα του μοντέλου έναντι της αβεβαιότητας και να αξιολογηθεί η απόδοση του έναντι των αντίστοιχων μοντέλων μίας χρονικής περιόδου. Το αποτέλεσμα που παρουσιάστηκε έδειξε ότι η απόδοση του μοντέλου αυτού ήταν σημαντικά ανώτερη από τους ανταγωνιστές του.

Οι Connor και Leland (1995) ερευνήσαν το πρόβλημα διαχείρισης κεφαλαίου που παρουσιάζεται, όταν το χαρτοφυλάκιο που ακολουθεί ένα δείκτη υπόκειται σε τυχαίες εισροές ή εκροές χρημάτων. Προκειμένου να αντιμετωπιστούν τέτοιες περιπτώσεις, και για να αποφευχθεί η κατανάλωση ποσοστού του συνολικού κεφαλαίου σε κόστη συναλλαγής, είναι προτιμότερο να διατηρείται ένα ποσοστό του κεφαλαίου προς επένδυση σε διαφορετικούς πόρους και να μην συμμετέχει στο σχηματισμό του χαρτοφυλακίου. Στην προσέγγιση τους βέβαια θεωρούν ως δεδομένο ότι το παθητικό χαρτοφυλάκιο ακολουθεί τη στρατηγική της πλήρους αντιγραφής (full replication), και επιπλέον τα κόστη συναλλαγής δεν είναι περιορισμένα ούτε διακρατώνται από το κεφάλαιο που έχει επενδυθεί στο χαρτοφυλάκιο. Αντίθετα, ορίζουν τα κόστη συναλλαγής ως ένα προκαθορισμένο ποσοστό των χρημάτων που επενδύονται. Οι Buckley και Korn (1998) επεκτάθηκαν πάνω στο συγκεκριμένο μοντέλο και θεώρησαν τα κόστη συναλλαγής ως προκαθορισμένες σταθερές.

Οι Tabata και Takeda (1995) ασχολήθηκαν με το πρόβλημα της βελτιστοποίησης και πιο συγκεκριμένα με την ελαχιστοποίηση του τετραγωνικού σφάλματος ανάμεσα στην απόδοση του χαρτοφυλακίου που παρακολουθεί ένα δείκτη και στην απόδοση του δείκτη αυτού. Επίσης εισήγαγαν έναν περιορισμό για τον ακριβή αριθμό των μετοχών που θα συμμετέχουν στο χαρτοφυλάκιο. Παρουσίασαν έναν ευρετικό αλγόριθμο για τη λύση του προβλήματος, και αποτελέσματα για μία προσομοίωση που περιελάμβανε 15 μετοχές.

Η Alexander (1999) για να κατασκευάσει παθητικά χαρτοφυλάκια, χρησιμοποίησε τα ιστορικά δεδομένα των μετοχών ενός δείκτη και τα ιστορικά δεδομένα του δείκτη, ώστε να βρει ποιες από τις χρονικές ακολουθίες των μετοχών είχαν σε μεγαλύτερο βαθμό μία στατιστική ιδιότητα κοινή με την αντίστοιχη χρονική ακολουθία του δείκτη (cointegration). Οι μετοχές που επικρατούσαν επιλέγονταν για την σύσταση του χαρτοφυλακίου. Δίνεται επίσης ένα παράδειγμα της προσέγγισης αυτής με χρήση του δείκτη MSCI EAFE. Οι Alexander και Dimitriu (2005) εφάρμοσαν μία τεχνική που βασίζεται στο μοντέλο που αναπτύχθηκε προηγουμένως (cointegration). Στην προσέγγιση αυτή κατασκεύασαν δύο χρονικές ακολουθίες τιμών του δείκτη, στις οποίες σε κάθε περίοδο προσθέτουν/αφαιρούν αντίστοιχα από τις τιμές του δείκτη μία σταθερά (α), που αναφέρεται στην απόδοση. Χρησιμοποιώντας το μοντέλο που ανέπτυξε η Alexander κατασκευάζουν χαρτοφυλάκια τα οποία ακολουθούν τους δύο καινούργιους δείκτες, αλλά για να καταφέρουν να πετύχουν υψηλότερες αποδόσεις δίνουν μεγαλύτερο βάρος στον δείκτη, στις τιμές του οποίου έχει προστεθεί η σταθερά α . Επιλέγουν τις μετοχές που θα συμμετέχουν στον δείκτη με βάση μία τεχνική που κατατάσσει τις μετοχές ανάλογα με την τιμή τους. Παρουσίασαν τα αποτελέσματα τους για μια προσομοίωση που βασίστηκε στον δείκτη Dow Jones, αλλά δεν δόθηκαν οι αντίστοιχοι χρόνοι εκτέλεσης.

Ο Browne (1999) αντιμετώπισε το πρόβλημα κατασκευής χαρτοφυλακίου χρησιμοποιώντας μεγέθη γεωμετρικής απόδοσης (continuous-time) και θεωρώντας ότι το αντικείμενο του επενδυτή είναι απλά να ξεπεράσει την απόδοση ενός δείκτη αναφοράς. Ερεύνησε τρόπους για να βρεθεί κάθε φορά η κατάλληλη παθητική στρατηγική διαχείρισης ώστε η απόδοση του χαρτοφυλακίου που κατασκευάζεται να ξεπερνάει κατά ένα προκαθορισμένο ποσοστό την απόδοση του δείκτη αναφοράς, χωρίς όμως να πέφτει ποτέ χαμηλότερα από αυτήν (επίσης κατά ένα προκαθορισμένο ποσοστό). Επίσης συμπεριέλαβε στην έρευνα του στόχους που έχουν σχέση με την ελαχιστοποίηση του απαραίτητου χρόνου μέχρι η απόδοση του χαρτοφυλακίου να φτάσει στα επιθυμητά επίπεδα. Χρησιμοποίησε ένα στοχαστικό πλαίσιο ελέγχου για τη διαδικασία βελτιστοποίησης, αλλά δεν συμπεριέλαβε σε αυτήν τα κόστη συναλλαγής.

Ο Dorfleitner (1999) εξέτασε την περίπτωση της πλήρους αντιγραφής, και πιο συγκεκριμένα το πρόβλημα της στρογγυλοποίησης του αριθμού των κομματιών της κάθε μετοχής που συμμετέχει στο χαρτοφυλάκιο, καθώς η συμμετοχή των μετοχών υπολογίζεται στην πληθώρα των περιπτώσεων με τα

αντίστοιχα βάρη. Επίσης παρουσίασε αποτελέσματα για μια προσομοίωση που έγινε στον γερμανικό δείκτη DAX.

Ο Keim (1999) δημιούργησε ένα κεφάλαιο (fund), το οποίο είχε ως στόχο να ακολουθήσει ένα δείκτη αποτελούμενο από μετοχές χαμηλής κεφαλαιοποίησης, και το οποίο σχεδιάστηκε με βάση συγκεκριμένες επενδυτικές στρατηγικές. Οι μετοχές αυτές ανήκαν σε αγορές μικρής κινητικότητας, στις οποίες οι αγοραπωλησίες μετοχών ήταν σημαντικά λιγότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες αγορές υψηλής κινητικότητας. Εξαιτίας όμως του γεγονότος αυτού είχαν σχετικά υψηλά κόστη συναλλαγής. Ο στόχος της εργασίας ήταν η ελαχιστοποίηση των κοστών αυτών με χρήση επενδυτικών και χρηματιστηριακών στρατηγικών.

Οι Rudolf et al. (1999) πρότειναν τέσσερις διαφορετικούς γραμμικούς ορισμούς του σφάλματος αποτύπωσης, οι οποίοι κάνουν χρήση της απόλυτης διαφοράς μεταξύ της απόδοσης του χαρτοφυλακίου και του δείκτη που ακολουθεί. Παρουσίασαν αποτελέσματα, τα οποία σχετίζονται με την ελαχιστοποίηση του σφάλματος αποτύπωσης για τη δημιουργία του χαρτοφυλακίου, χρησιμοποιώντας ιστορικά δεδομένα έξι δεικτών διαφορετικών χωρών.

Οι Bamberg και Wagner (2000) εναντιώθηκαν στην δημιουργία παθητικών χαρτοφυλακίων με βάση τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης, καθώς δεν μπορεί να ανταποκριθεί σε μελλοντικές μεταβολές της απόδοσης του δείκτη χρησιμοποιώντας μόνο ιστορικά δεδομένα. Για το λόγο αυτό δημιούργησαν ένα συγκεκριμένο υποσύνολο μετοχών από ένα δείκτη (DAX), καθώς και ορισμένους δυναμικούς εκτιμητές, κάνοντας χρήση τόσο της παλινδρόμησης (regression) όσο και άλλων παραμέτρων. Παρουσίασαν αποτελέσματα για μία προσομοίωση δημιουργίας χαρτοφυλακίου με 20 μετοχές.

Οι Ammann και Zimmermann (2001) ερεύνησαν την σχέση μεταξύ στατιστικών μέτρων του σφάλματος αποτύπωσης και της ύπαρξης περιορισμών στα ποσοστά συμμετοχής χρεογράφων σε παθητικά χαρτοφυλάκια. Ειδικότερα ασχολήθηκαν με τον εντοπισμό των σφαλμάτων αποτύπωσης που θα εμφανίζονταν αν η σύσταση του χαρτοφυλακίου απέκλινε από τη σύσταση του αντίστοιχου δείκτη, με μέτρο το ποσοστό που κατέχει η κάθε μία από τις βασικές κατηγορίες χρεογράφων. οι μετρήσεις έγιναν σε χαρτοφυλάκια που εμφάνιζαν τη μικρότερη συσχέτιση (στη σύστασή τους) με το δείκτη, σύμφωνα με το παραπάνω μέτρο.

Οι Gilli και Kellezi (2001) παρουσίασαν ένα γενετικό αλγόριθμο για τη λύση του προβλήματος βελτιστοποίησης, ο οποίος βασίζει την επιλογή νέων λύσεων στην διαφορά που έχουν σε σχέση με την καλύτερη, μέχρι το σημείο αυτό, λύση. Αν η διαφορά αυτή είναι μικρότερη από ένα κατώφλι, τότε η αντίστοιχη λύση επιλέγεται για το σχηματισμό της νέας γενιάς, μέχρι να βρεθεί η βέλτιστη. Ο αλγόριθμος κινείται μεταξύ των λύσεων επιλέγοντας ένα χρεόγραφο για αγορά και ένα για πώληση. Παρουσιάστηκαν αποτελέσματα εφαρμογής του αλγορίθμου σε προβλήματα που περιλάμβαναν μέχρι και 528 χρεόγραφα. Το πρόγραμμα τους

έλυσε το πρόβλημα με τα περισσότερα χρεόγραφα σε 22 sec (χρησιμοποιώντας έναν Pentium III, 800Mhz).

Οι Jansen και van Dijk (2002) ασχολήθηκαν με την ελαχιστοποίηση του σφάλματος αποτύπωσης σε προβλήματα που υπήρχε περιορισμός σχετικά με τον αριθμό των μετοχών που θα συμμετάσχουν στο χαρτοφυλάκιο. Στην προσέγγιση που ακολούθησαν ελαχιστοποίησαν το σφάλμα αποτύπωσης για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο και ένα συγκεκριμένο αριθμό μετοχών. Μόλις ο αλγόριθμος αποφάσιζε ποιες μετοχές θα συμμετάσχουν στο χαρτοφυλάκιο, τα βάρη της καθεμίας αποφασίζονταν με χρήση τετραγωνικού προγραμματισμού. Παρουσίασαν αποτελέσματα σε προσομοιώσεις που έγιναν σε δείκτες μέχρι και 250 μετοχών, αλλά δεν συμπεριέλαβαν στην παρουσίαση λεπτομερείς χρόνους εκτέλεσης. Παρόμοια προσέγγιση ακολούθησαν και οι Coleman et al.(2006), οι οποίοι παρουσίασαν αποτελέσματα της προσομοίωσης που πραγματοποίησαν σε δείκτες όπως οι Hang Seng, και DAX, αλλά δεν έδωσαν χρόνους εκτέλεσης.

Οι Beasley et al. (2003) ασχολήθηκαν με το πρόβλημα βελτιστοποίησης και παρουσίασαν έναν ευρετικό αλγόριθμο για την λύση του, ο οποίος βασίζεται στην ελαχιστοποίηση του σφάλματος αποτύπωσης σε σχέση με την απόδοση που ξεπερνάει τον δείκτη. Στο μοντέλο που παρουσιάστηκε λήφθηκαν υπόψη και τα κόστη συναλλαγής, καθώς υπάρχει η δυνατότητα αναπροσαρμογής ενός χαρτοφυλακίου σε κάποια χρονική στιγμή, και όχι μόνο δημιουργίας του. Επίσης περιορίζεται ο αριθμός των μετοχών που δύνανται να συμμετάσχουν στο χαρτοφυλάκιο που εξάγεται. Παρουσιάστηκαν τέλος αποτελέσματα για πέντε διαφορετικές προσομοιώσεις, με βάση ιστορικά στοιχεία από σημαντικές αγορές (S&P, Nikkei, Hang Seng, DAX, FTSE).

Οι Derigs και Nickel (2003) παρουσίασαν ένα ευρετικό αλγόριθμο βασισμένο στο σύστημα προσομοιωμένης ανόπτησης. Στο μοντέλο αυτό, η απόδοση και η διακύμανση των μετοχών προέρχονται από ένα γραμμικό μοντέλων πολλών παραγόντων, οι οποίοι είναι βασισμένα σε μακροοικονομικά μεγέθη. Παρουσίασαν περιορισμένα αποτελέσματα προσομοιώσεων που έγιναν σε 202 μετοχές, που ανήκουν στον γερμανικό DAX30 και στον STOXX200. Ανέφεραν χρόνους εκτέλεσης του προγράμματος που ανέπτυξαν, της τάξεως των 120 δευτερολέπτων. Επίσης δήλωσαν ότι το μοντέλο τους χρειαζόταν μερικά λεπτά για να λύσει το πρόβλημα της βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίων που ακολουθούν δείκτες 500 μετοχών, όπως ο δείκτης MSCI World Developed Market.

Οι Okay και Akman (2003) χρησιμοποίησαν συνάθροιση περιορισμών (constraint aggregation). Επεκτάθηκαν στο μοντέλο των Beasley et al. και μετά τη συνάθροιση δημιούργησαν ένα μη-γραμμικό μοντέλο μικτού ακέραιου προγραμματισμού. Χρησιμοποιώντας ένα σύνολο δεδομένων 31 μετοχών του Hang Seng, πραγματοποίησαν μια προσομοίωση, η οποία έδειξε ότι τα αποτελέσματα του αρχικού μοντέλου και του μοντέλου μετά την προσθήκη της συνάθροισης περιορισμών είναι περίπου τα ίδια. Η διαφορά παρατηρούνταν στους χρόνους εκτέλεσης των μοντέλων, με το αρχικό να χρειάζεται 487 δευτερόλεπτα και το δικό τους 117 δευτερόλεπτα στην ίδια ακριβώς προσομοίωση.

Οι Focardi και Fabozzi (2004) υποστήριξαν την χρήση της ομαδοποίησης δεδομένων (clustering) για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης. Στην προσέγγιση τους χρησιμοποιούν τις ευκλείδειες αποστάσεις μεταξύ των τιμών των διαφόρων μετοχών σαν βάση για μια ιεραρχική ομαδοποίηση. Μόλις σχηματιστούν οι ομάδες μετοχών, επιλέγεται μία (ή περισσότερες) μετοχές από κάθε ομάδα για να συμπεριληφθεί στο χαρτοφυλάκιο. Αναφέρουν επίσης ότι η προσέγγιση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε περίπτωση που θέλουμε να ξεπεράσουμε, όχι μόνο να ακολουθήσουμε το δείκτη. Δεν έδωσαν πειραματικά αποτελέσματα.

Οι Fang και Wang (2005) θεώρησαν το πρόβλημα της παρακολούθησης του δείκτη ως ένα προγραμματιστικό πρόβλημα με δύο αντικείμενα. Το ένα αφορά την μέση απόλυτη απόκλιση, των τιμών που έχουν χαμηλότερη απόδοση από την αντίστοιχη του δείκτη, από τον δείκτη. Το δεύτερο αφορά την απόδοση που ξεπερνάει την αντίστοιχη του δείκτη. Πρότειναν ένα θεωρητικό ασαφές (fuzzy) μοντέλο αποφάσεων το οποίο οδηγεί σε ένα μαθηματικό πρόβλημα που μπορεί να λυθεί με γραμμικό τρόπο. Έδωσαν πρακτικά αποτελέσματα, στα οποία επιλεγόταν ένας αριθμός εκ 30 μετοχών για να ακολουθηθεί ο δείκτης Shanghai 120, αλλά δεν δόθηκαν χρόνοι υπολογισμού.

Οι Gaiworonoski et al. (2005) ερεύνησαν το πρόβλημα του προσδιορισμού της διαφοράς μεταξύ της απόδοσης ενός χαρτοφυλακίου που ακολουθεί ένα δείκτη, και της απόδοσης του δείκτη. Επίσης ασχολήθηκαν με διάφορους τρόπους αναπροσαρμογής ενός τέτοιου χαρτοφυλακίου. Στον ευρετικό αλγόριθμο που χρησιμοποίησαν, η επιλογή των μετοχών βασίζεται στην λύση αρχικά ενός προβλήματος βελτιστοποίησης χωρίς περιορισμό στον αριθμό τους, και στη συνέχεια στην κατάταξη των μετοχών με βάση την εμφάνισή τους στο χαρτοφυλάκιο που δημιουργείται από τη λύση του προβλήματος αυτού. Έδωσαν αποτελέσματα για μια προσομοίωση που πραγματοποίησαν σε 65 μετοχές από το χρηματιστήριο του Όσλο, αλλά δεν δόθηκαν οι χρόνοι εκτέλεσης του μοντέλου.

Οι Oh et al. (2005) αντιμετώπισαν το πρόβλημα βελτιστοποίησης, ορίζοντας μία συνάρτηση προτεραιότητας για κάθε μετοχή, η οποία προσέθετε με διαφορετικά βάρη την κεφαλαιοποίηση της μετοχής, τον αριθμό των αγοραπωλησιών στις οποίες υπόκεινται τα κομμάτια της και το συντελεστή Βήτα. Ένας απλός ευρετικός αλγόριθμος, ο οποίος χρησιμοποιεί τις συναρτήσεις αυτές προτεραιότητας, εφαρμόστηκε για να βρεθεί η συμμετοχή της κάθε μετοχής στο παθητικό χαρτοφυλάκιο. Ένας γενετικός αλγόριθμος χρησιμοποιήθηκε στη συνέχεια για να αποφασιστεί το βάρος της κάθε μετοχής στο χαρτοφυλάκιο. Παρουσίασαν αποτελέσματα για τον κορεάτικο δείκτη KOPSI 200, αλλά δεν δόθηκαν χρόνοι εκτέλεσης της προσομοίωσης.

Οι Dose και Cincotti (2005) χρησιμοποιούν μία τεχνική, κατά την οποία ομαδοποιούν τις μετοχές με βάση την απόσταση μεταξύ τους, με στόχο να ακολουθήσουν και να ξεπεράσουν ένα δείκτη. Η απόσταση αυτή εκτιμάται από τη σύγκριση, ανά δύο μετοχές, των ιστορικών δεδομένων τους. Η ομαδοποίηση αυτή έχει ως στόχο την επιλογή των μετοχών που θα συμμετάσχουν στο

χαρτοφυλάκιο, λαμβάνοντας υπόψη την ύπαρξη ενός περιορισμού ως προς τον αριθμό τους. Το ποσοστό συμμετοχής της κάθε μετοχής δεν είναι γνωστό εκ των προτέρων, αλλά αποφασίζεται με τη χρήση ενός συντελεστή λ , ο οποίος προσαρμόζει το βάρος που δίνεται κάθε φορά στο σφάλμα αποτύπωσης (tracking error) και την απόδοση που ξεπερνάει τον δείκτη (excess return). Παρουσίασαν τα αποτελέσματα που απέκτησαν από την προσομοίωση στο δείκτη S&P 500, αλλά δεν δόθηκαν χρόνοι.

Οι Konno και Hatagi (2005) χρησιμοποίησαν ένα αντικείμενο που αφορά την ελαχιστοποίηση της μέσης απόλυτης απόκλισης από την απόδοση του δείκτη (mean absolute deviation), με στόχο να ακολουθήσουν και να ξεπεράσουν τον δείκτη. Στην προσέγγισή τους το αντικείμενο βελτιστοποίησης είναι η διαφορά μεταξύ των τιμών του δείκτη για κάθε χρονική περίοδο (πολλαπλασιασμένες με ένα παράγοντα α , με $\alpha > 1$, και κανονικοποιημένες ως προς την τιμή του δείκτη στο τέλος της χρονικής περιόδου) και της τιμής του χαρτοφυλακίου στην περίοδο αυτή (κανονικοποιημένης ως προς την αντίστοιχη τιμή στο τέλος της χρονικής περιόδου). Συμπεριλαμβάνουν στο μοντέλο τους τα κόστη συναλλαγών και η μοντελοποίηση που ακολουθούν περιλαμβάνει την ελαχιστοποίηση μιας συνάρτησης με γραμμικούς περιορισμούς. Παρουσιάστηκαν αποτελέσματα για μια προσομοίωση που περιελάμβανε 225 μετοχές από τον δείκτη Nikkei 225. Οι χρόνοι εκτέλεσης (σε ένα PC με χρονισμό 1.67GHz) κυμαίνονταν από 4 μέχρι 566 δευτερόλεπτα.

Οι Corielli και Marcellino (2006) παρουσίασαν μία στρατηγική βελτιστοποίησης, η οποία βασίζεται στην παραδοχή ότι οι τιμές των μετοχών εξαρτώνται από ένα μοντέλο παραγόντων. Στην προσέγγισή τους, ο δείκτης και το χαρτοφυλάκιο έχουν κοινή δομή παραγόντων. Χρησιμοποιούν έναν απλό ευρετικό αλγόριθμο για την επιλογή των μετοχών του χαρτοφυλακίου, ο οποίος αρχικά ελέγχει ορισμένους παράγοντες του δείκτη και στη συνέχεια προσπαθεί να βρει ποιες μετοχές ανταποκρίνονται καλύτερα σε αυτούς. Οι μετοχές που έχουν τις ελάχιστες διαφορές με τους επιλεγμένους παράγοντες αποτελούν το χαρτοφυλάκιο. Παρουσιάστηκαν αποτελέσματα της μεθόδου αυτής σε έναν τροποποιημένο δείκτη Euro stoxx 50, αλλά δεν δόθηκαν χρόνοι προσομοίωσης. Με τον όρο τροποποιημένο σε αυτήν την περίπτωση εννοείται ότι ο νέος δείκτης προέκυψε από την κανονικοποίηση του αρχικού με βάση τις μετοχές που είναι διαθέσιμες για επιλογή.

Οι Yao et al. (2006) αντιμετώπισαν το πρόβλημα παρακολούθησης ενός δείκτη αναφοράς (benchmark), χρησιμοποιώντας χαρτοφυλάκια αποτελούμενα από έναν πολύ μικρό αριθμό μετοχών. Μοντελοποίησαν το πρόβλημα βελτιστοποίησης ως ένα στοχαστικό γραμμικό πρόβλημα τετραγωνικού προγραμματισμού. Στην προσέγγισή τους πρέπει να είναι ήδη γνωστός ο αριθμός των μετοχών που θα συμμετέχουν στο χαρτοφυλάκιο. Τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν παρακολουθούσαν τον δείκτη Hang Seng με χαρτοφυλάκια αποτελούμενα από τέσσερις ή πέντε μετοχές (χωρίς περιορισμό στις ανοιχτές πωλήσεις), αλλά δεν δόθηκαν οι αντίστοιχοι χρόνοι. Στο μοντέλο τους δεν συμπεριέλαβαν και τα κόστη συναλλαγής.

Οι Yu et al. (2006) παρουσίασαν ένα τροποποιημένο μοντέλο Markowitz για παθητικά χαρτοφυλάκια, το οποίο προϋποθέτει ότι η παρακολούθηση ενός δείκτη σχετίζεται με τον περιορισμό της πιθανότητας η απόδοση του χαρτοφυλακίου να πέσει κάτω από την απόδοση του σχετικού δείκτη (downside risk). Στο μοντέλο τους επιτρέπονται οι ανοιχτές πωλήσεις και υποθέτουν ότι οι αποδόσεις των μετοχών είναι από κοινού κανονικά διανεμημένες. Παρουσίασαν επίσης ένα μικρό αριθμητικό παράδειγμα χρησιμοποιώντας μετοχές από τον δείκτη Hang Seng.

Οι Stoyan και Kwon (2007) παρουσίασαν μία προσέγγιση της διαδικασίας βελτιστοποίησης βασισμένη σε ένα στοχαστικό μοντέλο δύο φάσεων. Το αντικείμενο τους είναι ένα μη-σταθμισμένο άθροισμα τριών στοιχείων. Τα στοιχεία αυτά είναι, η απόλυτη διαφορά μεταξύ της τιμής του χαρτοφυλακίου και της τιμής του αντίστοιχου δείκτη, η απόλυτη τιμή των διαφοροποιήσεων από την αναμενόμενη επένδυση σε συγκεκριμένους τομείς, και ο αριθμός των κομματιών των μετοχών που συναλλάσσονται. Παρουσιάστηκαν αποτελέσματα σε μια προσομοίωση με 1150 μετοχές με στόχο την παρακολούθηση του Καναδικού δείκτη S&P/TSX

Οι Wu et al. (2007) παρουσίασαν ένα μοντέλο με δύο στόχους, το αντικείμενο του οποίου είναι να ακολουθεί και να ξεπεράσει σε ένα βαθμό έναν δείκτη. Ο ένας στόχος σχετίζεται με την αναμενόμενη απόδοση, ενώ ο άλλος με το αναμενόμενο σφάλμα αποτύπωσης (ορισμένο με έναν μη-γραμμικό, αλλά προσθετικό τρόπο). Στην εργασία τους εμφανίζεται η υπόθεση ότι η αναμενόμενη απόδοση του χαρτοφυλακίου σχετίζεται με την απόδοση του δείκτη. Παρουσιάστηκαν αποτελέσματα από προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν στο χρηματιστήριο της Ταϊλάνδης, αλλά δεν δόθηκαν οι αντίστοιχοι χρόνοι.

Οι Colwell et al. (2007) υιοθέτησαν μία δυναμική προσέγγιση, η οποία έγκειται στην ελαχιστοποίηση του κινδύνου, για να διαλέξουν το χαρτοφυλάκιο, ανάμεσα στο σύνολο των διαθέσιμων χαρτοφυλακίων που δημιουργούνται με παθητικές στρατηγικές, που αντιπροσωπεύει καλύτερα έναν δείκτη. Η μοντελοποίηση τους δεν συμπεριλαμβάνει τα κόστη συναλλαγής, ούτε περιορίζει τη δυνατότητα ανοιχτών πωλήσεων. Το μοντέλο τους εφαρμόστηκε σε χαρτοφυλάκια, στα οποία συμμετέχουν οι εννιά από τις δέκα ισχυρότερες μετοχές του S&P 500.

Οι Canakgoz και Beasley (2008) παρουσίασαν μία μοντελοποίηση του προβλήματος βελτιστοποίησης, στην οποία χρησιμοποιούν γραμμικό μικτό ακέραιο προγραμματισμό για να αποφασίσουν ποια είναι τα καλύτερα χαρτοφυλάκια που ακολουθούν ένα δείκτη και ποια είναι αυτά που τον ξεπερνάνε κατά ένα ποσοστό. Πρότειναν ένα μοντέλο τριών φάσεων για να ακολουθήσουν απλά ένα δείκτη. Σε πρώτη φάση επιχειρείται να τεθεί το σημείο τομής με τον άξονα (regression intercept) όσο πιο κοντά στο μηδέν γίνεται. Σε δεύτερη φάση γίνεται προσπάθεια να τεθεί η κλίση της παλινδρόμησης (regression slope) όσο πιο κοντά στη μονάδα είναι δυνατόν. Στην τελευταία φάση πραγματοποιείται η ελαχιστοποίηση των κοστών συναλλαγής με βάση τις τιμές των παραγόντων που

προσδιορίστηκαν στις προηγούμενες δύο φάσεις. Προτείνουν επίσης ένα μοντέλο δύο φάσεων με στόχο να ξεπεράσουν ένα δείκτη. Σε πρώτη φάση γίνεται προσπάθεια να τεθεί η κλίση της παλινδρόμησης (regression slope) όσο πιο κοντά στη μονάδα είναι δυνατόν, υπό έναν περιορισμό αναφορικά με την τιμή του σημείου τομής με τον άξονα (regression intercept). Στην δεύτερη φάση πραγματοποιείται η ελαχιστοποίηση των κοστών συναλλαγής με βάση την τιμή της κλίσης που βρέθηκε προηγουμένως. Παρουσίασαν αποτελέσματα από προσομοιώσεις που έγιναν σε ένα αριθμό συνόλων δεδομένων τα οποία ανήκουν σε 2151 μετοχές, με τους αντίστοιχους χρόνους να μην ξεπερνάνε τα 70 δευτερόλεπτα.

Οι Stoyan και Kwon (2009) ασχολήθηκαν με το πρόβλημα της αντιστοίχισης χαρτοφυλακίου υπό κάποιον δείκτη ή άλλο χαρτοφυλάκιο – στόχο εισάγοντας τον όρο της αβεβαιότητας στην όλη διαδικασία. Αντιλήφθηκαν ότι λόγω του ενσωματωμένου NP-hard υποπροβλήματος, πολλά από τα υπάρχοντα μοντέλα λαμβάνουν υπόψιν μόνο έναν μικρό αριθμό περιορισμών, όπως είναι τα κόστη συναλλαγών, ο αριθμός των μετοχών, κ.α.. Σχεδίασαν και πρότειναν ένα μοντέλο το οποίο περιλαμβάνει ένα περιεκτικό σύνολο από ρεαλιστικούς παράγοντες και περιορισμούς, ένα εκ των οποίων περιλαμβάνει και την αβεβαιότητα. Η μοντελοποίηση της μεθοδολογίας γίνεται στα πλαίσια του Στοχαστικού Μικτού Ακέραιου Προγραμματισμού (Stochastic Mixed-Integer Programming, SMIP). Εξαιτίας του μεγέθους και της πολυπλοκότητας του στοχαστικού προβλήματος, γίνεται περεταίρω διάσπαση του προβλήματος σε επιμέρους υποπροβλήματα και αναπτύσσεται ένας επαναληπτικός αλγόριθμος ο οποίος εκμεταλλεύεται αυτήν την αποσύνθεση. Αναλύεται και αξιολογείται ένας αλγόριθμος 2 σταδίων και τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τις πραγματικές αποδόσεις των δεικτών.

Οι Gomes και Waelbroeck (2010) ασχολήθηκαν με την ανάλυση των κοστών συναλλαγής (trading costs analysis – TCA) και με τα οφέλη που προκύπτουν από την ελαχιστοποίησή τους. Η ανάλυση τους βασίστηκε σε οικονομικούς δείκτες που αφορούν την διαχείριση χαρτοφυλακίων με στόχο την υποστήριξη των επενδυτών και την ανάδειξη της 'TCA' σε βασικό εργαλείο υποβοήθησης τους για τη λήψη αποδοτικών αποφάσεων.

Οι Boscaljon et al. (2011) εξετάζουν την αποτελεσματικότητα χαρτοφυλακίων σε σχέση με δείκτες αναφοράς, και συγκεκριμένα με τον δείκτη S&P 500. Ερευνούν σε τι βαθμό παθητικά χαρτοφυλάκια, τα οποία αποτελούνται από λιγότερες μετοχές από το δείκτη, αλλά αντιπροσωπεύουν σε μεγαλύτερο βαθμό όλους τους βιομηχανικούς τομείς, μπορούν να εμφανίζουν καλύτερες αποδόσεις από τον δείκτη σε βάθος χρόνου. Το αποτέλεσμα που παρουσίασαν ήταν θετικό.

Οι Meade και Beasley (2011), παρατήρησαν ότι στοιχεία ερευνών έδειχναν ότι ένα σημαντικό ποσοστό των κερδών που προερχόντουσαν από μη ρευστοποιήσιμες επενδύσεις και από ανοιχτές πωλήσεις, περιείχε αφύσικα μεγάλο κόστος συναλλαγών. Αυτό τους οδήγησε στο να επικεντρωθούν αποκλειστικά σε ρευστοποιήσιμες και μακροπρόθεσμες επενδύσεις, και να

εξετάσουν την τάση χρησιμοποιώντας σαν μεθοδολογία την επιλογή χαρτοφυλακίου αντιστοίχισης που ξεπερνά τον δείκτη (χρήση του Sortino ratio) μέσα από δεδομένα που καθορίστηκαν από 11 S&P διεθνής δείκτες ιδίων κεφαλαίων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πιθανότητα μια μετοχή να ξεπεράσει τον δείκτη στον οποίον συμμετέχει για N διαδοχικές εβδομάδες, δεδομένου ότι αυτές περιλαμβάνουν και το προηγούμενο έτος, μπορεί να προβλέψει επιτυχώς την τάση και να δώσει τη δυνατότητα να διαχωρίσουμε τους χρηματοοικονομικούς δείκτες σε τρεις επιμέρους κατηγορίες. Αυτούς που παρουσιάζουν έντονη, ισχνή ή και καμία ένδειξη τάσης. Από τη μελέτη και την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε και παρουσιάζεται προκύπτει ότι υπάρχουν σημαντικά κέρδη τάσης (που περιλαμβάνουν κόστη συναλλαγών σε λογικά επίπεδα) σε επτά δείκτες.

Ο Beasley et al. (2013) διερευνούν περεταίρω την επίπτωση που έχουν τα κόστη συναλλαγής στην αναθεώρηση χρηματοοικονομικών χαρτοφυλακίων. Σε αυτή τη δημοσίευση αναλύουν τη σημασία που έχει στην βελτιστοποίηση ο χρονικός ορίζοντας της επένδυσης καθώς και αναδεικνύει τη φύση του αποτελεσματικού μετώπου στην περίπτωση που συμπεριλάβουμε στην ανάλυση και τα κόστη συναλλαγής. Παράλληλα, προτείνει τρόπους με τους οποίους μπορεί να επεκταθεί το προτεινόμενο μοντέλο προκειμένου να συμπεριλάβει περιορισμούς πληθικότητας καθώς και να επιτύχει καλύτερους υπολογιστικούς χρόνους. Παραθέτει τα αποτελέσματα της μελέτης, που πραγματοποίησε για περισσότερα από 1317 χρεόγραφα, δημόσια.

Οι Mezali και Beasley (2013) αξιοποίησαν τη διαφορά που υπάρχει μεταξύ της γραμμικής παλινδρόμησης και της τεταρτημοριακής παλινδρόμησης (Quantile Regression) και εφάρμοσαν τη δεύτερη σε δύο βασικά πεδία που αφορούν την κατασκευή χρηματοοικονομικών χαρτοφυλακίων, αυτό της στρατηγικής αντιστοίχισης δείκτη και της αυτό της ενισχυμένης αντιστοίχισης δείκτη. Συμπεριέλαβαν στο μοντέλο τους και τα κόστη συναλλαγών, τον περιορισμό του πλήθους των διαφορετικών μετοχών που συμμετέχουν και περιορίσαν το συνολικό ύψος του κόστους συναλλαγών που μπορεί να υπεισέλθουν στην κατασκευή του. Παρουσίασαν αποτελέσματα για 8 διαφορετικούς δείκτες.

Οι Beasley και Topaloglu (2013) εξέτασαν το πρόβλημα της βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίου, δίνοντας έμφαση σε εφαρμογές χρηματοοικονομικών. Σε αυτήν την περίπτωση, το πρόβλημα έγκειται στην επιλογή των χρεογράφων που θα χρησιμοποιηθούν και που έχουν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Επισήμαναν τα μαθηματικά μοντέλα βελτιστοποίησης που μπορούν να υιοθετηθούν όπως επίσης και τις μεθόδους επίλυσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διάφορα προβλήματα χαρτοφυλακίων. Τα προβλήματα χαρτοφυλακίων που εξετάστηκαν είναι η θεωρία μέσου – διακύμανσης του Markowitz, η στρατηγική αντιστοίχισης δείκτη, η ενισχυμένη αντιστοίχιση δείκτη και τέλος, αυτό του προβλήματος απόλυτης απόδοσης, κατά το οποίο στόχος είναι η επίτευξη αποδόσεων ανεξαρτήτως από το πώς κινήθηκε η αγορά, όπως αυτή αντιπροσωπεύεται από τον δείκτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Προτεινόμενη Μεθοδολογία

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι η υλοποίηση και η αξιολόγηση δυο μεθοδολογιών διαχείρισης χαρτοφυλακίων. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη αναφέρεται σε μια από τις στρατηγικές βελτιστοποίησης που αναφέρθηκαν προηγουμένως, την αντιστοίχιση δείκτη, ενώ η δεύτερη αφορά την υβριδική στρατηγική ενισχυμένης αντιστοίχισης δείκτη.

Οι βασικές μεθοδολογίες που παρουσιάζονται και υλοποιούνται στο πληροφοριακό μας σύστημα προτάθηκαν από τους J.E. Beasley και Canakgoz στην δημοσίευση του με τίτλο *Mixed-integer programming approaches for index tracking and enhanced indexation*, το έτος 2008. Η πρόταση του αποτέλεσε μέχρι εκείνη την χρονική στιγμή την καλύτερη από πλευράς επιδόσεων και ταχύτητας μεθοδολογία για την αντιμετώπιση του προβλήματος αντιστοίχισης δείκτη.

Προτού προχωρήσουμε στην αναλυτική παρουσίαση της, κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστούν τα βοηθητικά μαθηματικά μοντέλα στα οποία αυτή στηρίζεται με σκοπό να μπορέσει ο αναγνώστης να αποκτήσει εποπτική εικόνα για την μεθοδολογία στο σύνολο της. Τα δύο αυτά εργαλεία είναι το μοντέλο του Μικτού Ακεραίου Γραμμικού Προγραμματισμού και αυτό της Γραμμικής Παλινδρόμησης.

3.2 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Τα δύο βασικά μαθηματικά εργαλεία, των οποίων η θεωρία παρουσιάζεται συνοπτικά στην συνέχεια και τα οποία χρησιμοποιούνται στο μοντέλο βελτιστοποίησης που περιγράφεται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο είναι τα εξής:

- **Μικτός ακέραιος γραμμικός προγραμματισμός** (mixed-integer linear programming)
- **Μοντέλο γραμμική παλινδρόμησης** (linear regression)

3.2.1 ΜΙΚΤΟΣ ΑΚΕΡΑΙΟΣ ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

Ένα πρόβλημα Μικτού Γραμμικού Προγραμματισμού (Mixed Integer Linear Programming - MILP) είναι στην ουσία ένα πρόβλημα μαθηματικής βελτιστοποίησης ή ελέγχου ύπαρξης λύσης στο οποίο ορισμένες από τις μεταβλητές είναι περιορισμένες να λαμβάνουν ακέραιες τιμές, ενώ οι υπόλοιπες

είναι επιτρέπεται να λαμβάνουν πραγματικές. Πρόκειται στην ουσία για ένα υπερσύνολο των πιο γνωστών προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού στα οποία όλες οι μεταβλητές λαμβάνουν υποχρεωτικά ακέραιες τιμές.

Ένα πρόβλημα μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού σε κανονική μορφή μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

$$\text{maximize } \mathbf{c}^T \mathbf{x}$$

$$\text{subject to } \mathbf{Ax} + \mathbf{By} \leq \mathbf{b},$$

$$\mathbf{x} \geq 0$$

$$\mathbf{y} \geq 0$$

$$\text{and } \mathbf{x} \in \mathbb{Z} \text{ and } \mathbf{y} \in \mathbb{R}$$

,όπου τα σύμβολα \mathbf{c} , \mathbf{b} παριστάνουν διανύσματα και το \mathbf{A} πίνακα.

Στην συνέχεια, παρουσιάζουμε ένα παράδειγμα με σκοπό την καλύτερη κατανόηση της μοντελοποίησης προβλημάτων με χρήση του μοντέλου του μικτού ακεραίου γραμμικού προγραμματισμού.

Υπάρχουν δύο βασικοί λόγοι για την χρησιμοποίηση ακέραιων μεταβλητών κατά την μοντελοποίηση προβλημάτων με το μοντέλο του γραμμικού προγραμματισμού:

1. Οι ακέραιες μεταβλητές αναπαριστούν ποσότητες οι οποίες μπορούν να λάβουν μόνο ακέραιες τιμές. Για παράδειγμα, δεν είναι δυνατόν να κατασκευάσουμε 3.7 αμάξια.
2. Οι ακέραιες μεταβλητές αναπαριστούν αποφάσεις και συνεπώς μπορούν να λάβουν μονάχα τιμές 0 και 1.

Οι παραπάνω αιτίες εμφανίζονται συχνά στην πράξη και συνεπώς μοντέλα ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλά πεδία εφαρμογών, μερικά από τα οποία είναι:

- Προγραμματισμός παραγωγής (production planning)
- Χρονοδρομολόγηση (scheduling)
- Δίκτυα τηλεπικοινωνιών (telecommunications network)
- Κυψελοειδή Δίκτυα (cellular networks)

3.2.2 ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

Στην στατιστική, η γραμμική παλινδρόμηση είναι μια προσέγγιση για την μοντελοποίηση της σχέσης μεταξύ μια βαθμωτής εξαρτώμενης μεταβλητής y και μιας η περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών X . Στην περίπτωση που έχουμε μόνο μια ανεξάρτητη μεταβλητή, όπως και στην περίπτωση που εξετάζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία, η διαδικασία ονομάζεται απλή γραμμική παλινδρόμηση. Για παραπάνω από μια ανεξάρτητες μεταβλητές, η διαδικασία αναφέρεται ως πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση.

Στην γραμμική παλινδρόμηση, τα δεδομένα μοντελοποιούνται με την χρήση γραμμικών συναρτήσεων πρόβλεψης, και οι άγνωστες παράμετροι του μοντέλου εκτιμώνται από τα δεδομένα. Τέτοια μοντέλα, καλούνται γραμμικά μοντέλα. Το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης είναι ο πρώτος τύπος ανάλυσης με τη μέθοδο της παλινδρόμησης που εξετάστηκε και μελετήθηκε και που χρησιμοποιείται εκτενώς σε πρακτικές εφαρμογές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα μοντέλα τα οποία βασίζονται γραμμικά στις άγνωστες τους παραμέτρους είναι πιο εύκολο να συγκλίνουν σε σχέση με αυτά που είναι μη-γραμμικώς εξαρτώμενα και επειδή τα στατιστικά μεγέθη των εκτιμητών που προκύπτουν σαν αποτέλεσμα είναι ευκολότερο να καθοριστούν.

Δοθέντος ενός συνόλου δεδομένων $\{y_i, x_{i1}, \dots, x_{ip}\}_{i=1}^n$ από n στατιστικές μονάδες, ένα μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης υποθέτει ότι η εξάρτηση μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής y_i και του p -διανύσματος των ανεξάρτητων μεταβλητών x_i είναι γραμμική. Αυτή η σχέση μοντελοποιείται μέσω ενός όρου θορύβου ή μεταβλητή σφάλματος ε_i , η οποία είναι μια μη παρατηρήσιμη τυχαία μεταβλητή η οποία προσθέτει θόρυβο στη γραμμική σχέση μεταξύ των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών του μοντέλου. Επομένως, το μοντέλο παίρνει την ακόλουθη μορφή:

$$y_i = \beta_1 * x_{i1} + \dots + \beta_p * x_{ip} + \varepsilon_i = \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta} + \varepsilon_i, i = 1, \dots, n$$

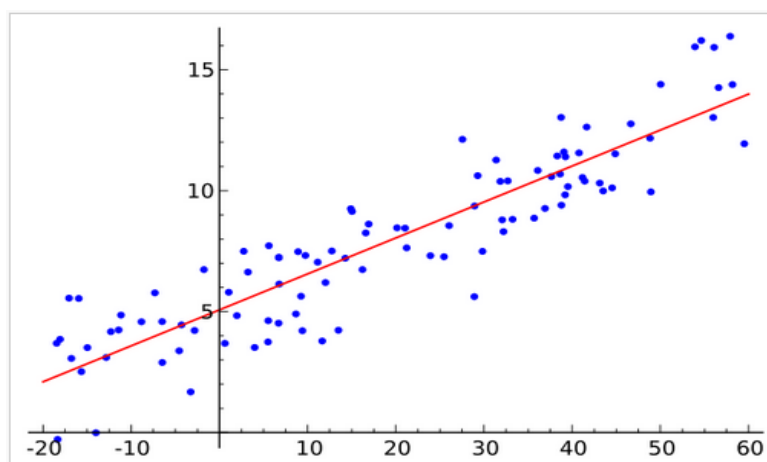
Οι εξισώσεις αυτές μπορούν να παρουσιαστούν και γραμμένες σε διανυσματική μορφή όπως φαίνεται ακολούθως:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

, όπου

$$\mathbf{y} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}, \quad \mathbf{X} = \begin{pmatrix} x_{11}^T \\ x_{21}^T \\ \vdots \\ x_{n1}^T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \dots & x_{np} \end{pmatrix}, \quad \boldsymbol{\beta} = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_n \end{pmatrix}$$

Ένα παράδειγμα απλής γραμμικής παλινδρόμησης μιας ανεξάρτητης μεταβλητής φαίνεται στο ακόλουθο Σχήμα.



Σχήμα 3.1 : Μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα παράδειγμα χρήσης του μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης προκειμένου ο αναγνώστης να αποκτήσει καλύτερη αντίληψη του περιγραφόμενου εργαλείου.

Ας θεωρήσουμε μια κατάσταση στην οποία μια μικρή μπάλα εκτοξεύεται στον αέρα και στη συνέχεια μετράμε το ύψος στο οποίο έχει ανέβει h_i σε διάφορες χρονικές στιγμές t_i . Από φυσικής σκοπιάς η σχέση μπορεί να μοντελοποιηθεί ως εξής:

$$h_i = \beta_1 * t_i + \beta_2 * t_i^2 + \varepsilon_i$$

, όπου το β_1 καθορίζει την αρχική ταχύτητα της μπάλας, β_2 είναι ποσοστιαίο σε σχέση με την κλασική βαρύτητα και ε_i είναι τα σφάλματα μέτρησης. Η γραμμική παλινδρόμηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκτιμήσει τις τιμές των β_1 και β_2 .

$$h_i = \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta} + \varepsilon_i$$

Η γραμμική παλινδρόμηση έχει πολλές πρακτικές χρήσεις. Οι περισσότερες εφαρμογές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε μια από τις ακόλουθες δύο ευρείες οικογένειες:

- Εάν ο στόχος είναι πρόβλεψη, η μείωση, η γραμμική παλινδρόμηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ταιριάξει ένα μοντέλο πρόβλεψης στις παρατηρήσεις των y και X τιμών. Αφού πραγματοποιηθεί η ανάπτυξη ενός τέτοιου μοντέλου, στην περίπτωση που μια επιπρόσθετη τιμή του X δοθεί χωρίς να συνοδεύεται από την αντίστοιχη τιμή του y , το μοντέλο ταιριάσματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να γίνει πρόβλεψη για την τιμή της y .
- Δοθείσας μιας μεταβλητής y και ενός αριθμού μεταβλητών X_1, X_2, \dots, X_p οι οποίες σχετίζονται με την y , η γραμμική παλινδρόμηση μπορεί να εφαρμοστεί για να ποσοτικοποιήσουμε την δύναμη της συσχέτισης των τιμών των y και των X_j , για να εκτιμήσει ποια X_j μπορεί να μην έχουν καμία συσχέτιση με τις τιμές του y , και να αναγνωρίσει ποια υποσύνολα του X_j περιέχουν επαρκή πληροφορία για το y .

3.3 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Προτού προχωρήσουμε στην επιμέρους ανάλυση των μοντέλων βελτιστοποίησης που απευθύνονται στις στρατηγικές αντιστοίχισης και ενισχυμένης αντιστοίχισης, θα παραθέσουμε την σημειολογία που ακολουθούν και είναι κοινή καθώς και ορισμένους περιορισμούς οι οποίοι υπεισέρχονται και στα δύο μοντέλα.

ΣΗΜΕΙΟΛΟΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Με σκοπό να διατυπώσουμε το πρόβλημα αντιστοίχισης δείκτη καθώς και αυτό της ενισχυμένης αντιστοίχισης δείκτη χρειάζεται να αναπτύξουμε και να παρουσιάσουμε τη σημειολογία του χρησιμοποιούμενου μοντέλου. Αυτή είναι η ακόλουθη:

Σύμβολο	Ερμηνεία
N	ο συνολικός αριθμός των διαφορετικών μετοχών (εταιριών) στις οποίες μπορούμε να επενδύσουμε,
K	ο αριθμός των διαφορετικών μετοχών που επιθυμούμε να συμπεριλάβουμε στο χαρτοφυλάκιο αντιστοίχισης (TP),
ϵ_i	το ελάχιστο ποσοστό συμμετοχής επί της αξίας του χαρτοφυλακίου TP που πρέπει να καταλαμβάνει μια μετοχή i , ($i = 1, \dots, N$) προκειμένου να μπορεί να συμπεριληφθεί στο χαρτοφυλάκιο. Στην ουσία αναπαριστά την ελάχιστη απαιτούμενη συμμετοχή κάθε μετοχής i ,
δ_i	το μέγιστο ποσοστό συμμετοχής επί της αξίας του χαρτοφυλακίου TP που μπορεί να καταλαμβάνει μια μετοχή i , ($i = 1, \dots, N$). Στην ουσία αναπαριστά τη μέγιστη δυνατή συμμετοχή κάθε μετοχής i και έχει σκοπό να προστατέψει τον επενδυτή από έκθεση σε μεγαλύτερο ρίσκο εξαιτίας της εταιρίας i ,
X_i	ο αριθμός των μονάδων κάθε μετοχής i , ($i = 1, \dots, N$) στο τρέχον TP,
T	Η χρονική περίοδος, έτσι ώστε να έχουμε παρατηρήσει ιστορικές τιμές για τις μετοχές και τον δείκτη τις περιόδους $0, 1, 2, \dots, T$. Η περίοδος T αναπαριστά το σημείο απόφασης, δηλαδή τον χρόνο στον οποίον επιλέγουμε να αλλάξουμε από το τρέχον TP [X_i], σε ένα καινούργιο TP,
V_{it}	η αξία μιας μονάδας της μετοχής i , ($i = 1, \dots, N$) την χρονική στιγμή t , ($t = 0, \dots, T$),
I_t	Η τιμή του δείκτη την χρονική στιγμή t , ($t = 0, \dots, T$),
R_t	η απόδοση του δείκτη για μια χρονική περίοδο, στην χρονική στιγμή t , ($t = 0, \dots, T$), δηλαδή $R_t = \ln\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right)$,
r_{it}	η απόδοση της μετοχής i , ($i = 1, \dots, N$) για μια χρονική περίοδο, στην χρονική στιγμή t , ($t = 0, \dots, T$), δηλαδή $r_{it} = \ln\left(\frac{V_{it}}{V_{it-1}}\right)$,
C	η συνολική αξία (≥ 0) του τρέχοντος TP [X_i] την χρονική στιγμή T , συνυπολογίζοντας οποιαδήποτε μεταβολή στο διαθέσιμο κεφάλαιο (cash change), η οποία μπορεί να οφείλεται είτε σε νέα κεφάλαια προς επένδυση, είτε σε ανάγκη για απόσυρση μέρους του ήδη επενδυμένου κεφαλαίου, δηλαδή $C = \sum_{i=1}^n X_i * V_{iT} + \text{cash change}$,
f_i^s	το κλασματικό κόστος για να πουλήσουμε μια μονάδα της μετοχής i , ($i = 1, \dots, N$) την χρονική στιγμή t , ($t = 0, \dots, T$),
f_i^b	το κλασματικό κόστος για να αγοράσουμε μια μονάδα της μετοχής i , ($i = 1, \dots, N$) την χρονική στιγμή t , ($t = 0, \dots, T$),

g το όριο ($0 \leq g \leq 1$) στο ποσοστό του C το οποίο μπορεί να καταναλωθεί σε κόστη συναλλαγής.

Οι μεταβλητές απόφασης (decision variables) θα είναι οι ακόλουθες:

Σύμβολο	Ερμηνεία
x_i	ο αριθμός των μονάδων (≥ 0) με τον οποίον επιλέγουμε να συμμετέχει, στο καινούργιο TP, η μετοχή i , ($i = 1, \dots, N$),
G_i	Τα κόστη συναλλαγών (≥ 0) που υπεισέρχονται με την αγορά/πώληση της μετοχής i ,
z_i	= 1 σε περίπτωση που η μετοχή i συμμετέχει στο νέο TP, ή = 0 σε αντίθετη περίπτωση.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, χωρίς βλάβη στη γενικότητα του μοντέλου, επιτρέπουμε στις μεταβλητές $[x_i]$ να λάβουν δεκαδικές τιμές, δεδομένου ότι τα χρηματικά ποσά που εμπλέκονται στο πρόγραμμα και σε κάθε συναλλαγή είναι μεγάλα.

Αναφορικά με την επιλογή του συνόλου των N μετοχών, τις οποίες θα χρησιμοποιήσουμε στην παρακολούθηση του δείκτη, είναι σύνηθες να χρησιμοποιούνται αποκλειστικά οι μετοχές οι οποίες και συνθέτουν τον δείκτη αυτό. Παρόλα αυτά, από μαθηματικής απόψεως, αυτό δεν είναι απαραίτητο και θα μπορούσαμε να συμπεριλάβουμε στην μελέτη μας οποιαδήποτε μετοχή επιθυμούμε. Στην πραγματικότητα, θα μπορούσαμε ακόμα και να συμπεριλάβουμε στο χρησιμοποιούμενο για την αντιστοίχιση σύνολο οποιοδήποτε χρεόγραφο μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο συναλλαγής και έχει ονομαστική αξία $[V_{it}]$.

Στην πράξη, στο πληροφοριακό σύστημα που αναπτύχθηκε, έλαβαν μέρος στην διαδικασία βελτιστοποίησης μόνο οι μετοχές που συνθέτουν τον δείκτη.

ΓΕΝΙΚΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Οι περιορισμοί οι οποίοι συνδέονται με το πρόβλημα αντιστοίχισης δείκτη και χρησιμοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο μοντέλο είναι οι ακόλουθοι:

$$\sum_{i=1}^N z_i = K, \quad (1)$$

$$\varepsilon_i * z_i \leq x_i * V_{it} / C \leq \delta_i * z_i, \quad (2)$$

$$G_i \geq f_i^s * (X_i - x_i) * V_{iT}, i = 1, \dots, N, \quad (3)$$

$$G_i \geq f_i^b * (x_i - X_i) * V_{iT}, i = 1, \dots, N, \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^N G_i \leq g * C, \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^N x_i * V_{iT} = C - \sum_{i=1}^N G_i, \quad (6)$$

$$x_i, G_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, N, \quad (7)$$

$$z_i \in [0,1] \quad i = 1, \dots, N. \quad (8)$$

Η εξίσωση (1) διαβεβαιώνει ότι στο καινούργιο TP θα συμπεριλαμβάνονται ακριβώς K διαφορετικές μετοχές. Η σχέση (2) έχει διπλό ρόλο, αφού από τη μια διαβεβαιώνει ότι οι μετοχές με $z_i = 0$ θα έχουν και $x_i = 0$, ενώ από την άλλη ότι οι συμμετέχοντες μετοχές θα φράσσονται από τα ποσοστιαία άνω και κάτω όρια (δ_i , ϵ_i) που έχουν καθοριστεί από τον επενδυτή. Η εξισώσεις (3) και (4) καθορίζουν τα κόστη συναλλαγής που υπεισέρχονται από τις αγοραπωλησίες της κάθε μετοχής και η σχέση (5) διασφαλίζει ότι το συνολικό κόστος για συναλλαγές δεν θα υπερβεί το κλασματικό όριο g , επί της συνολικής αξίας του παρόντος TP, που έχει καθορίσει ο επενδυτής. Η εξίσωση (6), εξασφαλίζει την ισορροπία ανάμεσα σε κόστη συναλλαγών και αξία του νέου TP. Επιβάλλει ότι η συνολική αξία του νέου TP την χρονική στιγμή T_a , θα είναι ίση με την συνολική αξία του τρέχοντος TP εάν σε αυτό προσθέσουμε οποιαδήποτε αλλαγή στο επενδυμένο κεφάλαιο και αφαιρέσουμε τα συνολικά κόστη συναλλαγών που υπεισήλθαν από την αναθεώρηση του TP.

Αξίζει, επιπλέον, να σημειωθεί ότι σε ορισμένες εφαρμογές διαχείρισης κεφαλαίου μπορεί να υπάρχουν κέρδη και απώλειες κεφαλαίου όταν μετοχές πωλούνται και επομένως σε αυτήν την περίπτωση οι φορολογικές συνέπειες θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν. Παρόλο που δεν λαμβάνεται υπόψιν ο περιορισμός αυτός εδώ, το χρησιμοποιούμενο μοντέλο μπορεί να τροποποιηθεί κατάλληλα για να διαχειρίζεται την κατάσταση στην οποία οι συνολικοί πληρωτέοι φόροι για τα κεφαλαιακά κέρδη πρέπει να περιοριστούν.

3.3.1 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗΣ ΔΕΙΚΤΗ

Με την υιοθέτηση της οπτικής σκοπιάς της γραμμικής παλινδρόμησης για την επίλυση του προβλήματος αντιστοίχισης, έχουμε ιδανικά, το TP που θα συντεθεί να έχει τους παράγοντες τεταγμένη (intercept, alpha) και κλίση (slope, beta) ίσους με μηδέν και τη μονάδα αντίστοιχα, όταν εφαρμοστεί γραμμική παλινδρόμηση αυτού έναντι των αποδόσεων του δείκτη. Η επίτευξη όμως των προαναφερθέντων ιδανικών τιμών δεν είναι απλή διαδικασία και μπορεί να μην είναι καν εφικτή για πραγματικά δεδομένα.

Υπάρχουν ορισμένες επιπλοκές στην επίτευξη των ιδανικών αυτών τιμών, στα πλαίσια της μετατροπής του προαναφερθέντος συστήματος και των υπόλοιπων περιορισμών που υπεισέρχονται σε αυτό σε γραμμική μορφή όπως είναι απαραίτητο για την εφαρμογή του μοντέλου του Μικτού Ακεραίου Γραμμικού Προγραμματισμού. Οι επιπλοκές αυτές, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο τελικά καταφέρνουμε και τις διευθετούμε παρουσιάζονται ακολούθως.

Η γεωμετρική απόδοση μιας περιόδου (single period continuous return) για το TP (την χρονική περίοδο t) ορίζεται ως $\ln(\sum_{i=1}^N x_i * V_{it} / \sum_{i=1}^N x_i * V_{it-1})$ και είναι μια μη γραμμική συνάρτηση των μεταβλητών απόφασης που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Προκειμένου να γραμμικοποιήσουμε προσεγγιστικά την τιμή της απόδοσης του TP πρέπει να υιοθετήσουμε την παραδοχή ότι μπορεί να εκφραστεί

σαν ένα άθροισμα γραμμικά σταθμισμένων μεμονωμένων μετοχικών αποδόσεων. Στην έκφραση αυτή τα βάρη, τα οποία θα έχουν συνολικό άθροισμα ίσο με τη μονάδα, αναπαριστούν το ποσοστό του συνολικού κεφαλαίου που είναι επενδυμένο σε κάθε μετοχή τη χρονική περίοδο t . Η υπόθεση ότι η απόδοση του χαρτοφυλακίου μπορεί να εκφραστεί σαν ένα άθροισμα σταθμισμένων μετοχικών αποδόσεων είναι μια συνηθισμένη παραδοχή στις εφαρμογές των χρηματοοικονομικών.

Με βάση τα παραπάνω θα έχουμε μια εξίσωση της ακόλουθης μορφής:

$$\text{return on the TP at time } t = \sum_{i=1}^N W_{it} * r_{it}$$

, όπου $W_{it} = x_i * V_{it} / \sum_{j=1}^N x_j * V_{jt}$ είναι ο παράγοντας στάθμισης που συνδέεται με την επένδυση στην μετοχή i τη χρονική περίοδο t .

Επιπλέον, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω θα πρέπει να ισχύει για κάθε χρονική στιγμή t , $\sum_{i=1}^N W_{it} = 1$.

Μέχρι τώρα οι όροι W_{it} είναι μη γραμμικές εκφράσεις, που περιλαμβάνουν τις μεταβλητές απόφασης x_i , όπως επίσης και την τιμή $\sum_{j=1}^N x_j * V_{jt}$ του TP την χρονική περίοδο t . Προκειμένου να προχωρήσουμε, θα προσεγγίσουμε το W_{it} με έναν σταθερό όρο, που είναι ανεξάρτητος από τον χρόνο. Θα αντικαταστήσουμε το W_{it} με το w_i όπου θα έχουμε ότι

$$w_i = x_i * V_{iT} / \sum_{j=1}^N x_j * V_{jT}$$

, όρος που αναπαριστά το ποσοστό του συνολικού κεφαλαίου που έχει επενδυθεί στην μετοχή i την χρονική στιγμή T .

Επομένως, έχουμε μια εξίσωση της μορφής:

$$\text{return on the TP at time } t = \sum_{i=1}^N w_i * r_{it}$$

Παρόλη την γραμμικοποίηση της συνολικής έκφρασης, η έκφραση για το w_i παραμένει μη γραμμική και προκειμένου να την μετατρέψουμε σε γραμμική, θα αξιοποιήσουμε την εξίσωση του περιορισμού (6) για να αντικαταστήσουμε το $\sum_{j=1}^N x_j * V_{jT}$ με το $C - \sum_{j=1}^N G_j$. Η τελευταία είναι και αυτή συνάρτηση των μεταβλητών απόφασης του προβλήματος μας, για την οποία ωστόσο γνωρίζουμε ότι ο όρος $\sum_{j=1}^N G_j$ είναι άνω φραγμένος από το $g * C$. Μπορούμε, συνεπώς, να προσεγγίσουμε το w_i χρησιμοποιώντας την ακόλουθη γραμμική έκφραση:

$$w_i = \frac{x_i * V_{iT}}{C - g * C}, i = 1, \dots, N$$

Καταλήξαμε επομένως σε μια γραμμική προσεγγιστική μορφή για τις αποδόσεις του χαρτοφυλακίου TP σαν $\sum_{i=1}^N W_{it} * r_{it}$, $t = 1, \dots, T$.

Στη συνέχεια, αν εφαρμόσουμε το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης για τις αποδόσεις του χαρτοφυλακίου TP, έναντι αυτών του δείκτη $[R_t, t = 1, \dots, T]$ θα έχουμε, σύμφωνα με την κλασική θεωρία παλινδρόμησης ότι οι παράγοντες του μοντέλου ελαχίστων τετραγώνων, $\hat{\alpha}$ και $\hat{\beta}$, για την τεταγμένη και την κλίση της γραμμικής παλινδρόμησης θα δίνονται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$\hat{\alpha} = \sum_{i=1}^N w_i * \hat{\alpha}_i \quad (9)$$

$$\hat{\beta} = \sum_{i=1}^N w_i * \hat{\beta}_i \quad (10)$$

,όπου τα $\hat{\alpha}_i$ και $\hat{\beta}_i$ είναι η τεταγμένη και η κλίση, αντίστοιχα, του μοντέλου ελαχίστων τετραγώνων όταν εφαρμόσουμε γραμμική παλινδρόμηση στην απόδοση της μετοχής i [$r_{it}, t = 1, \dots, T$], έναντι στην απόδοση του δείκτη [$R_t, t = 1, \dots, T$].

Ιδανικά επιθυμούμε, για τη μέθοδο αντιστοίχισης, να επιλέξουμε K μετοχές και τις αντίστοιχες ποσότητες συμμετοχής τους [$x_i, i = 1, \dots, N$], με τρόπο ώστε να πετύχουμε

$$\hat{\alpha} = 0 \text{ και}$$

$$\hat{\beta} = 1.$$

Δεδομένου ότι, για πραγματικά ιστορικά δεδομένα, κάτι τέτοιο μπορεί να μην είναι εφικτό υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορούμε προχωρήσουμε από αυτό το σημείο:

- Υιοθέτηση μιας προσέγγισης ενός σταδίου με ένα σταθμισμένο αντικείμενο βελτιστοποίησης της μορφής:

$$\text{minimise } \lambda_\alpha * |\hat{\alpha} - 0| + \lambda_\beta * |\hat{\beta} - 1|$$

,όπου τα λ_α και $\lambda_\beta \geq 0$ είναι ορισμένες από τον χρήστη σταθμισμένες τιμές για την επίτευξη της επιθυμητής μηδενικής τεταγμένης και μοναδιαίας κλίσης. Μπορούμε να επιβάλουμε, εφόσον αυτό κριθεί απαραίτητο, ότι $\lambda_\alpha + \lambda_\beta = 1$, αλλά κάτι τέτοιο απλά αποτελεί μετασχηματισμό του σταθμισμένου προαναφερθέντος κριτηρίου βελτιστοποίησης, και συνεπώς δεν είναι απαραίτητο.

- Υιοθέτηση μιας προσέγγισης δύο σταδίων, στην οποία πρωταρχικό κριτήριο είναι η επίτευξη της επιθυμητής τεταγμένης ίσης με το μηδέν και δευτερεύον είναι η επίτευξη της μοναδιαίας κλίσης. Τα παραπάνω συνοψίζονται στο εξής:

$$\text{αρχικά minimise } |\hat{\alpha} - 0| \text{ και στη συνέχεια minimise } |\hat{\beta} - 1|$$

Η μεθοδολογία αυτή είναι ισοδύναμη με την προηγούμενη, εάν επιλέξουμε $\lambda_\alpha \gg \lambda_\beta$, αλλά αποφεύγει τις δυσκολίες που υπεισέρχονται από την επιλογή βαρών που το ένα είναι πολύ μεγαλύτερο από το άλλο.

- Υιοθέτηση μιας προσέγγισης δύο σταδίων, στην οποία πρωταρχικό κριτήριο είναι η επίτευξη της επιθυμητής μοναδιαίας κλίσης και δευτερεύον είναι η επίτευξη της μηδενικής τεταγμένης. Τα παραπάνω συνοψίζονται στο εξής:

$$\text{αρχικά minimise } |\hat{\beta} - 1| \text{ και στη συνέχεια minimise } |\hat{\alpha} - 0|$$

Αυτή η προσέγγιση είναι ισοδύναμη με την επιλογή $\lambda_\beta \gg \lambda_\alpha$.

Έχοντας πρώτα ερευνήσει την επίδοση όλων των παραπάνω προσεγγίσεων επιλέχθηκε σαν βέλτιστη, δεδομένων των αποτελεσμάτων που προέκυψαν στα πειράματά μας, η δεύτερη. Δηλαδή η υιοθέτηση μιας προσέγγισης

δύο σταδίων, κατά την οποία το πρωτεύον κριτήριο είναι η επίτευξη μηδενικής τεταγμένης και το δευτερεύον μοναδιαίας κλίσης:

$$\text{αρχικά minimise } |\hat{\alpha} - 0| \text{ και στη συνέχεια minimise } |\hat{\beta} - 1| \quad (11)$$

Η διατύπωση του κριτηρίου βελτιστοποίησης στην προηγούμενη ενότητα, οδήγησε σε μια μη γραμμική αντικειμενική συνάρτηση, Σχέση (11), η οποία ωστόσο είναι δυνατόν να μετατραπεί σε γραμμική με μια συγκεκριμένη διαδικασία.

Εισάγουμε στο μοντέλο μας τις μεταβλητές D και E , για τις οποίες απαιτούμε:

$$D \geq \hat{\alpha}, \quad (12)$$

$$D \geq -\hat{\alpha}, \quad (13)$$

$$E \geq \hat{\beta} - 1, \quad (14)$$

$$E \geq -(\hat{\beta} - 1), \quad (15)$$

$$D, E \geq 0. \quad (16)$$

Οδηγούμαστε, μετά από τις τελευταίες αυτές προσθήκες στο μοντέλο μας, στην τελική διατύπωση του προβλήματος μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού για την επίλυση του προβλήματος αντιστοίχισης και που στο πρώτο στάδιο είναι:

$$\text{minimise } D,$$

,υπό τους περιορισμούς που επιβάλλουν οι σχέσεις (1) – (10) και (12) – (16).

Στο δεύτερο στάδιο, στο οποίο η έμφαση δίνεται στην επίτευξη της επιθυμητής μοναδιαίας κλίσης, επιλύουμε το γραμμικό σύστημα επιβάλλοντας την τεταγμένη $\hat{\alpha}$ την τιμή που απέκτησε κατά το πρώτο στάδιο του γραμμικού προγραμματισμού. Τυπικά, ας συμβολίσουμε σαν α^{opt} την αριθμητική τιμή που προέκυψε για το $\hat{\alpha}$ κατά το πρώτο στάδιο. Τότε, στο δεύτερο στάδιο έχουμε:

$$\text{minimise } E,$$

,υπό τους περιορισμούς που επιβάλλουν οι σχέσεις (1) – (10) και (12) – (16) και

$$\hat{\alpha} = \alpha^{opt}. \quad (17)$$

Η παραπάνω διατύπωση, χωρίς να λάβουμε υπόψιν οποιαδήποτε διαδικασία απαλοιφής μεταβλητών και περιορισμών, περιλαμβάνει περίπου $3N$ συνεχής μεταβλητές, N μεταβλητές που λαμβάνουν μόνο τιμές 0 και 1 καθώς και $4N$ περιορισμούς. Για παράδειγμα, στην περίπτωση του δείκτη S&P 500, αυτό συνεπάγεται την κατασκευή γραμμικού μοντέλου με 1500 συνεχής μεταβλητές, 500 δυαδικές και 2000 περιορισμούς. Στα μοντέρνα μαθηματικά, ιδιαίτερα αν λάβουμε υπόψιν και την ισχύ που έχουν πλέον ακόμα και τα εμπορικά υπολογιστικά συστήματα, αυτό δεν θεωρείται μεγάλης πολυπλοκότητας πρόβλημα μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού και μπορεί να επιλυθεί σε μικρό χρονικό διάστημα και χωρίς να καταναλωθεί σημαντική υπολογιστική ισχύς και πόροι.

Επέκταση Μεθοδολογίας σε Μοντέλο 3 Σταδίων

Υπάρχει ένα τεχνικά λεπτό σημείο στα παραπάνω, το οποίο όμως για τον επενδυτή είναι μείζονας σημασίας. Αναφορικά με τους περιορισμούς που αφορούν τα κόστη συναλλαγών G_i , παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει κάποια σχέση που να τα άνω φράσει. Αντίθετα, τα G_i είναι κάτω φραγμένα από το ελάχιστο δυνατό κόστος για κάθε μετοχή i . Επομένως, είναι μια υπερεκτίμηση του ποσού που στην πραγματικότητα χρειάζεται δεδομένων των αγοραπωλησιών των μετοχών. Για να εξασφαλίσουμε ότι τα κόστη θα είναι τα ελάχιστα δυνατά, εισάγει στην διαδικασία βελτιστοποίησης ένα στάδιο στο οποίο ελαχιστοποιούμε τα συνολικά υπεισερχόμενα κόστη συναλλαγών ($\sum_{i=1}^N G_i$), διασφαλίζοντας φυσικά την ακρίβεια του μοντέλου μέσω των επιβαλλόμενων περιορισμών.

Συνεπώς, το τρίτο στάδιο της διαδικασίας θα αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση των υπεισερχόμενων κοστών συναλλαγής, διαβεβαιώνοντας παράλληλα ότι οι συντελεστές $\hat{\alpha}$ και $\hat{\beta}$ διατηρούν τις τιμές που λάβανε κατά τα δύο πρώτα στάδια της διαδικασίας. Τυπικά, ας συμβολίσουμε σαν β^{opt} την αριθμητική τιμή που προέκυψε για το $\hat{\beta}$ κατά το πρώτο στάδιο. Τότε, στο δεύτερο στάδιο έχουμε:

$$\text{minimise } \sum_{i=1}^N G_i, \quad (18)$$

υπό τους περιορισμούς που επιβάλλουν οι σχέσεις (1) – (10) και (12) – (16) και

$$\hat{\alpha} = \alpha^{opt}, \quad (19)$$

$$\hat{\beta} = \beta^{opt}. \quad (20)$$

Το τρίτο στάδιο που περιγράψαμε μπορεί να θεωρηθεί σαν να εκμεταλλευόμαστε της όποιας ευελιξίας του προβλήματος, με σκοπό να πετύχουμε τις ίδιες τιμές για τα $\hat{\alpha}$ και $\hat{\beta}$ ενώ παράλληλα ελαχιστοποιούμε και τα συνολικά εμπλεκόμενα κόστη συναλλαγών.

Αναφέρουμε παραπάνω, ότι το κόστος G_i αποτελεί στην ουσία μια υπερεκτίμηση για τα κόστη συναλλαγής που υπεισερχονται στην διαδικασία για την κάθε μετοχή i . Σε αυτό το στάδιο, όταν ελαχιστοποιούμε το $\sum_{i=1}^N G_i$, οι περιορισμοί οι οποίοι εμπλέκουν το G_i είναι οι ακόλουθοι:

$$G_i \geq f_i^s * (X_i - x_i) * V_{iT}, i = 1, \dots, N, \quad (21)$$

$$G_i \geq f_i^b * (x_i - X_i) * V_{iT}, i = 1, \dots, N, \quad (22)$$

$$\sum_{i=1}^N G_i \leq g * C, \quad (23)$$

$$\sum_{i=1}^N x_i * V_{iT} = C - \sum_{i=1}^N G_i, \quad (24)$$

Ελαχιστοποιώντας το άθροισμα $\sum_{i=1}^N G_i$ συνεπάγεται άμεσα ότι στόχος μας είναι να κάνουμε κάθε έναν από τους όρους G_i να λάβει την ελάχιστη δυνατή για αυτόν τιμή, προκειμένου να μην παραβιάζονται και οι λοιποί περιορισμοί του μοντέλου. Στην περίπτωση, που ο περιορισμός της εξίσωσης

(23), δεν επιβαλλόταν θα είχαμε επίτευξη της ισότητας για μια από τις σχέσεις (20) ή (21) και συνεπώς το G_i σωστά θα αποτύπωνε τα κόστη συναλλαγής για την μετοχή i .

Επειδή, ωστόσο, η εξίσωση (23) είναι παρούσα στην διαδικασία του προγραμματισμού, είναι πιθανό καθώς ελαχιστοποιούμε το άθροισμα $\sum_{i=1}^N G_i$ να μην επιτύχουμε την ισότητα σε καμία από τις δύο προαναφερθείσες σχέσεις. Αυτό το ενδεχόμενο, αντιστοιχεί στην περίπτωση κατά την οποία η μετακίνηση από το τωρινό TP στο καινούργιο, επισύρει κόστη συναλλαγής χαμηλότερα από την τιμή που προκύπτει σαν λύση της εξίσωσης (23).

Μπορούμε να θεωρήσουμε, ωστόσο, ότι η πιθανότητα εμφάνισης αυτού του ενδεχομένου είναι μικρή. Επειδή, επιπλέον, δεν υπάρχει κάποιος άλλος τρόπος να αναπαραστήσουμε με γραμμικό τρόπο πιο σωστά τα κόστη συναλλαγής που υπεισέρχονται στην διαδικασία αντιστοίχισης χαρτοφυλακίου θεωρούμε αποδεκτή την εφαρμογή αυτού του τρίτου σταδίου παρόλη την εμφανή αδυναμία που παρουσιάζει.

3.3.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗΣ ΔΕΙΚΤΗΣ

Στην προσέγγιση του προβλήματος της ενισχυμένης αντιστοίχισης δείκτη μέσω γραμμικής παλινδρόμησης, παρουσιάζονται διάφορες προσεγγίσεις που θα μπορούσαμε ενδεχομένως να ακολουθήσουμε. Θα μπορούσαμε να τις ταξινομήσουμε σε δύο βασικές κατηγορίες, εκ των οποίων οι μεθοδολογίες της πρώτης αποσκοπούν στην επίτευξη της μέγιστης δυνατής επιπλέον απόδοσης πάνω από τον δείκτη (excess return level), ενώ αυτές της δεύτερης στην επίτευξη ενός συγκεκριμένου επιπέδου ετήσιας απόδοσης πάνω από αυτήν του δείκτη.

Στην πρώτη κατηγορία μια μέθοδος, για παράδειγμα, είναι να προσπαθήσουμε να πετύχουμε κλίση της γραμμής παλινδρόμησης ίση με τη μονάδα, όπως θα ήταν στην περίπτωση που επιθυμούσαμε να ακολουθήσουμε ακριβώς τις αποδόσεις του δείκτη, και στη συνέχεια να μεγιστοποιήσουμε την τιμή της τεταγμένης της γραμμής παλινδρόμησης. Στην περίπτωση αυτή, μια θετική τιμή για την τεταγμένη της ανάλυσης μεταφράζεται σε επιπρόσθετη απόδοση (απόδοση πάνω από τις αποδόσεις του δείκτη που ακολουθούμε). Παρόλα αυτά υπάρχουν και άλλες μεθοδολογίες που αξίζει να αναφερθούν:

- Η υιοθέτηση μιας προσέγγισης δύο σταδίων, με αντικείμενο του πρώτου σταδίου να είναι η επίτευξη μοναδιαίας κλίσης (εφόσον είναι δυνατόν), και του δεύτερου η μεγιστοποίηση της τεταγμένης, δηλαδή:
αρχικά minimize $|\hat{\beta} - 1|$ και στη συνέχεια maximize \hat{a}
- Η υιοθέτηση μιας προσέγγισης δύο σταδίων, με αντικείμενο του πρώτου σταδίου να είναι η μεγιστοποίηση της τεταγμένης και στη συνέχεια η επίτευξη μοναδιαίας κλίσης, δηλαδή:
αρχικά maximize \hat{a} και στη συνέχεια minimize $|\hat{\beta} - 1|$

Στην δεύτερη κατηγορία η βασική μέθοδος είναι η υιοθέτηση μιας προσέγγισης ενός σταδίου κατά το οποίο προσπαθούμε να επιτύχουμε μοναδιαία

κλίση, με τον περιορισμό η τεταγμένη να είναι ίση με μια επιθυμητή τιμή για την επιπρόσθετη απόδοση, δηλαδή:

$$\text{minimise } |\hat{\beta} - 1| \text{ subject to } \hat{a} = a^*$$

, όπου a^* είναι η επιθυμητή επιπρόσθετη απόδοση.

Αναφέρεται ότι θα μπορούσαμε να προσεγγίσουμε το συγκεκριμένο πρόβλημα μέσω αρκετών άλλων μεθόδων, όπως είναι οι εκείνες που επιδιώκουν την μεγιστοποίηση της κλίσης $\hat{\beta}$ ή επίτευξη κλίσης ίση με μια επιθυμητή β^* .

Δεδομένης της φύσης της προσέγγισης μας, καθώς και του γεγονότος ότι επιθυμούμε ο επενδυτής – χρήστης του λογισμικού να είναι σε θέση να καθορίσει πλήρως τις διάφορες παραμέτρους του προγραμματισμού μας, παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα και υλοποιούμε αποκλειστικά την μέθοδο που περιγράφεται και ανήκει στην δεύτερη κατηγορία. Σύμφωνα με αυτήν, ο επενδυτής καθορίζει το επίπεδο της επιθυμητής επιπρόσθετης απόδοσης και εμείς προσπαθούμε σε ένα στάδιο να πετύχουμε μοναδιαία κλίση της γραμμής παλινδρόμησης επιβάλλοντας ότι η τεταγμένη θα είναι ίση με μια τιμή a^* που αντιστοιχεί στην ετήσια πρόσθετη απόδοση που επέλεξε ο χρήστης. Τυπικά, επομένως, το μοντέλο θα περιγράφεται ως εξής:

$$\text{minimise } E,$$

,υπό τους περιορισμούς που επιβάλλουν οι σχέσεις (1) – (10) και (12) – (16) και

$$\hat{a} = a^*. \tag{25}$$

Όπως και για το πρόβλημα αντιστοίχισης δείκτη, σημειώνεται και εδώ ότι επεκτείνουμε αυτή την προσέγγιση ενός σταδίου, σε μια δύο σταδίων, το τελικό στάδιο της οποίας θα σχετίζεται με την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους συναλλαγής δεδομένης της διατήρησης των τιμών των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης, όπως αυτές υπολογίστηκαν προηγουμένως. Ας συμβολίσουμε σαν β^{opt} την τιμή για την κλίση $\hat{\beta}$, όπως αυτή υπολογίστηκε κατά την επίλυση του προβλήματος του πρώτου σταδίου. Επομένως, στο δεύτερο στάδιο αντικείμενο είναι η ελαχιστοποίηση της σχέσης (18), επιβάλλοντας σαν περιορισμούς τις σχέσεις (1) – (10) και (12) – (16), (25) και $\hat{\beta} = \beta^{opt}$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

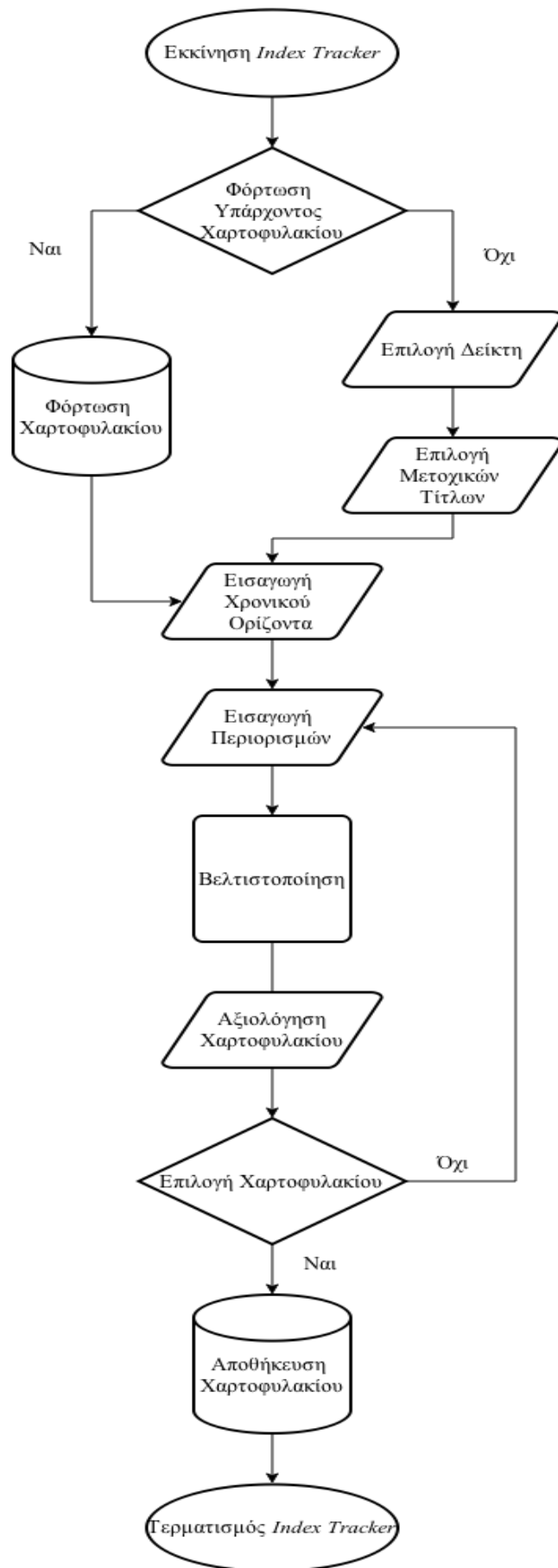
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

4.1 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η βάση της προτεινόμενης μεθοδολογίας καθώς και ολόκληρης της σύγχρονης θεωρίας διαχείρισης επενδυτικών χαρτοφυλακίων στηρίζεται στο γεγονός ότι αποδοτική λήψη επενδυτικών αποφάσεων μπορεί να γίνει βασιζόμενοι σε ιστορικά δεδομένα. Η υπόθεση αυτή έχει οδηγήσει ωστόσο στην δημιουργία ανάγκης επεξεργασίας τεράστιου όγκου ιστορικών δεδομένων. Καθίσταται προφανές ότι κάτι τέτοιο είναι αδύνατο να γίνει, τουλάχιστον σε λογικό χρόνο, χωρίς την χρήση σύγχρονων τεχνολογικών μέσων. Το πληροφοριακό σύστημα το οποίο σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε, στοχεύει σε αυτήν την κατεύθυνση, να αποτελέσει δηλαδή ένα εργαλείο υποβοήθησης για τον χρήστη στη διαδικασία λήψης επενδυτικών αποφάσεων.

Στη παρούσα ενότητα θα γίνει περιγραφή του πληροφοριακού συστήματος «*Index Tracker*», των μη λειτουργικών απαιτήσεων καθώς και της χρησιμοποιούμενης σε αυτό τεχνολογίας. Παράλληλα, θα παρουσιαστούν διαγράμματα τα οποία περιγράφουν συστημικά την μορφή και την διαδικασία αλληλεπίδραση του συστήματος με τον χρήστη καθώς και την οργάνωση του πρώτου. Τέλος, θα δοθεί έμφαση στις επιλογές και τους περιορισμούς που θέτει ο χρήστης για την παραμετροποίηση της διαδικασίας, ενώ αναλυτικές οδηγίες και περιγραφή των διάφορων λειτουργιών αυτού θα παρουσιαστούν εκτενώς στο Παράρτημα Β.

Αρχικά δίνεται ένα Διάγραμμα Ροής του προγράμματος, με σκοπό να παρουσιαστεί στον χρήστη η ροή της κύριας λειτουργίας του, προτού αναλυθούν με πιο τεχνικά διαγράμματα ορισμένες από τις επιμέρους λειτουργίες.



Σχήμα 4.1 : Λογικό διάγραμμα ροής εκτέλεσης

4.2 ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

Σύμφωνα με αυτό το λειτουργικό σενάριο, ο χρήστης της εφαρμογής επιλέγει να προχωρήσει σε αντιστοίχιση κάποιου δείκτη με τη χρήση δεδομένων που αντλούνται από τον ιστότοπο *Yahoo!Finance*. Στη συνέχεια, θα επιλέγει τον Δείκτη τον οποίο θέλει να αντιγράψει στην παρούσα εκτέλεση του προγράμματος. Έπειτα, συνδέεται απομακρυσμένα σε έναν Hypertext Transfer Protocol εξυπηρετητή (HTTP Server) που διαθέτει τα ιστορικά κλεισίματα των μετοχικών τίτλων και θα ζητάει και αποθηκεύει τα κλεισίματα των μετοχών, που ανήκουν στον Δείκτη, και έχει επιλέξει ο χρήστης να συμμετέχουν στην διαδικασία βελτιστοποίησης. Έπειτα, επιλέγοντας κάποιες παραμέτρους και εισάγοντας κατάλληλους περιορισμούς πραγματοποιείται η βελτιστοποίηση των τριών σταδίων όπως αυτή περιεγράφηκε σε προηγούμενη ενότητα. Τέλος, έπειτα από αξιολόγηση του χαρτοφυλακίου ο χρήστης το αποθηκεύει στην Βάση Δεδομένων σας τρέχον χαρτοφυλάκιο του.

ΔΡΑΣΤΕΣ

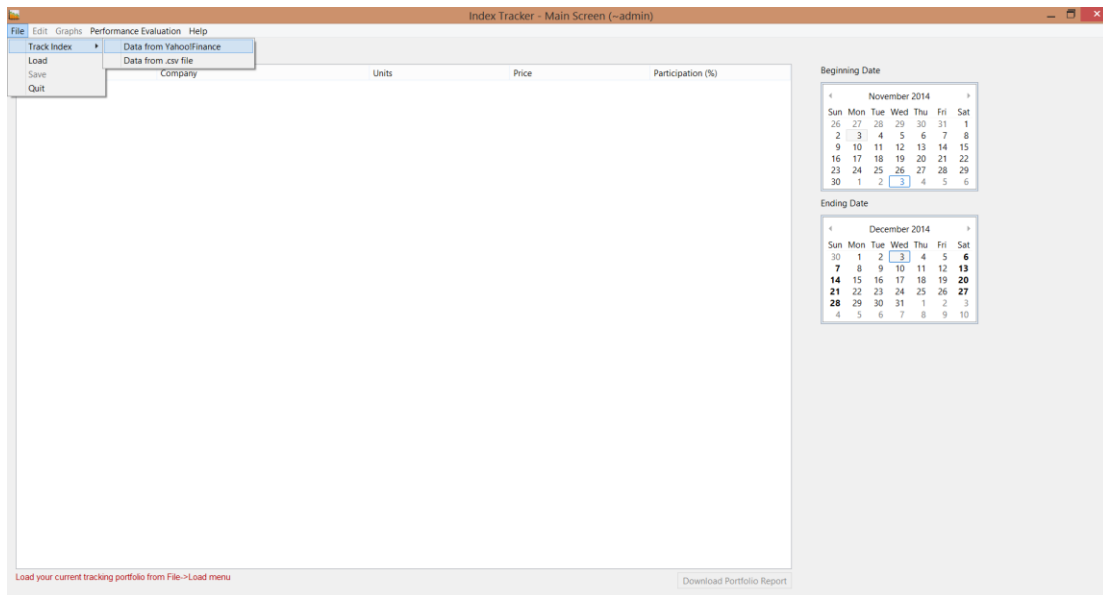
Περιγραφή	Ο χρήστης επιλέγει τον δείκτη, τους μετοχικούς τίτλους, εισάγει τον χρονικό ορίζοντα καθώς και τους περιορισμούς που απαιτούνται για την διαδικασία της βελτιστοποίησης και αποθηκεύει το παραγόμενο χαρτοφυλάκιο αφού το αξιολογήσει.
Ψευδώνυμο	User
Κληρονομεί	Κανένα
Τύπος Δράσης	Ενεργός, εξωτερικό σύστημα

ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ

1. Ο χρήστης User πρέπει να είναι εγγεγραμμένος και συνδεδεμένος στο πρόγραμμα «*Index Tracker*».
2. «*Index Tracker*» έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο και μπορεί να συνδεθεί στον εξυπηρετητή που διαθέτει τα ιστορικά κλεισίματα.
3. Ο εξυπηρετητής που διαθέτει τα ιστορικά κλεισίματα πρέπει να είναι ενεργός και σε θέση να στείλει τα δεδομένα στην απομακρυσμένη υπολογιστική μονάδα του χρήστη που τρέχει το πρόγραμμα «*Index Tracker*».

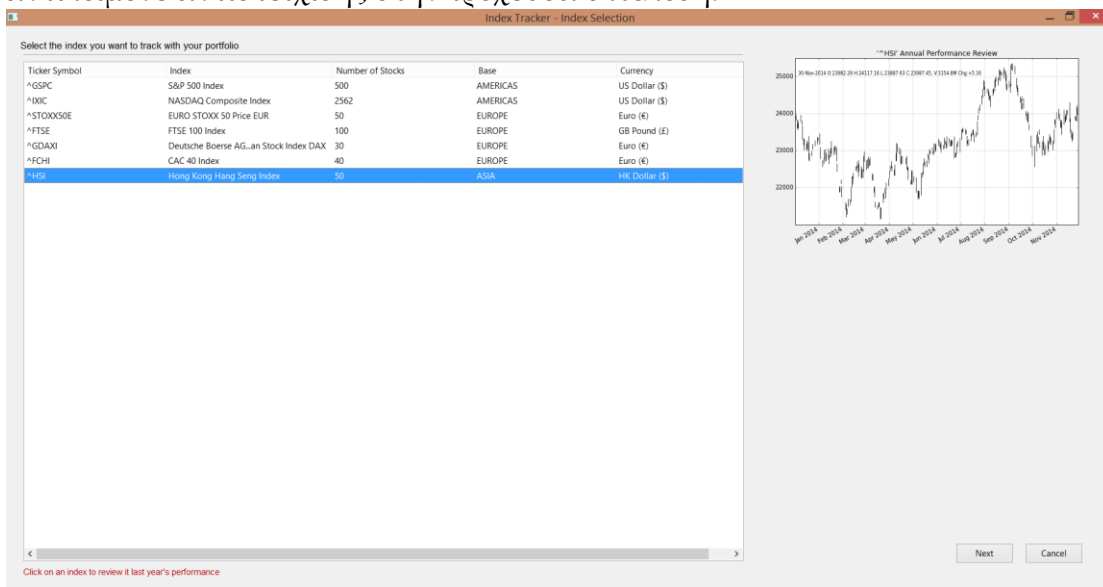
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΗΜΑΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

1. Ο User επιλέγει να προχωρήσει σε σύνθεση χαρτοφυλακίου αντιστοίχισης, χρησιμοποιώντας δεδομένα από τον server του *Yahoo!Finance*.



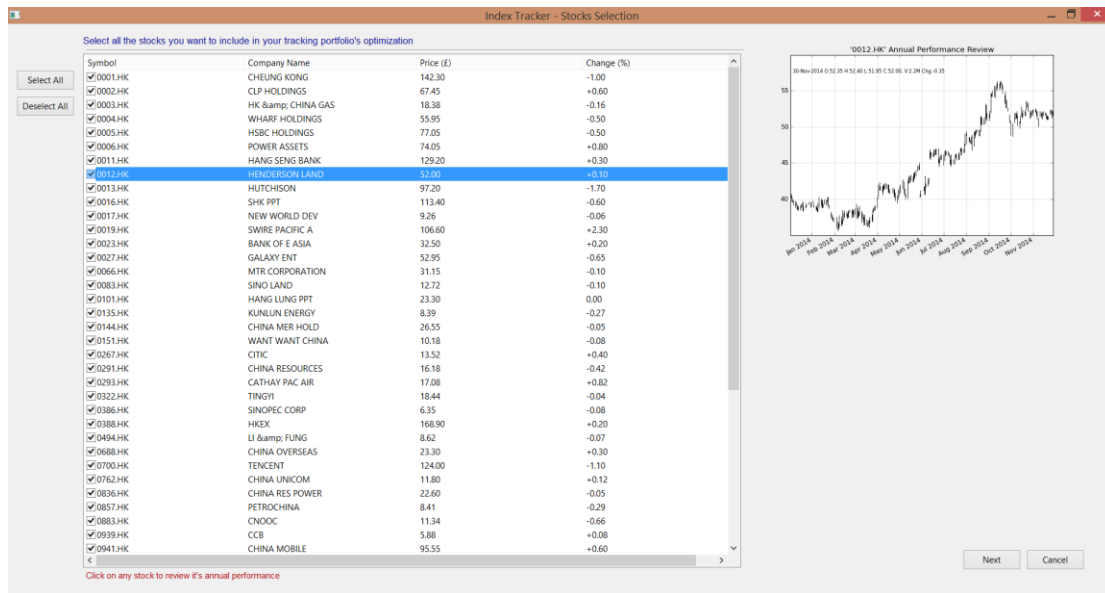
Οθόνη 4.1 : Επιλογή μεθόδου για λήψη ιστορικών κλεισιμάτων μετοχών

2. Ο User επιλέγει τον Δείκτη που επιθυμεί να χρησιμοποιήσει σαν αντικείμενο αντιστοίχισης στην τρέχουσα εκτέλεση.



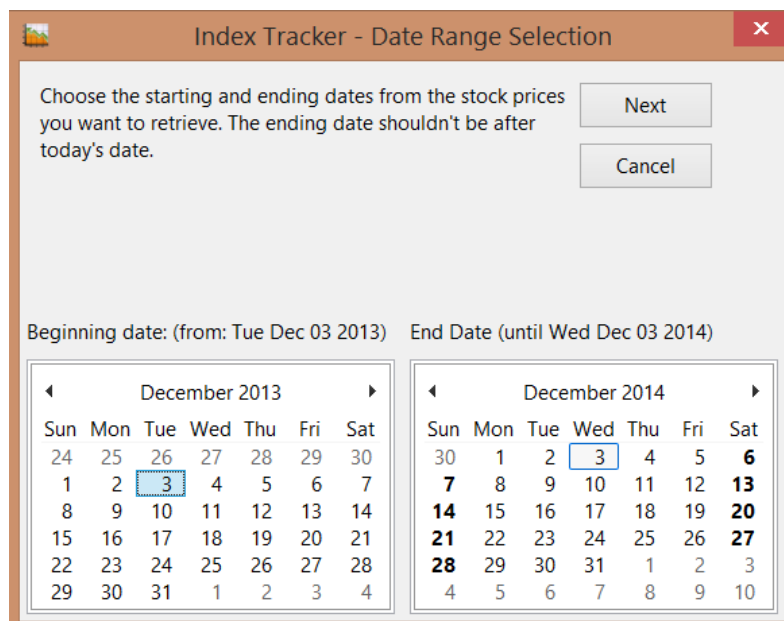
Οθόνη 4.2 : Επιλογή δείκτη

3. Ο User επιλέγει ποιες μετοχές θέλει να συμπεριληφθούν για την βελτιστοποίηση του χαρτοφυλακίου.



Οθόνη 4.3 : Επιλογή μετοχών

4. Ο User επιλέγει το χρονικό εύρος των ιστορικών κλεισιμάτων των επιλεγμένων μετοχών που θέλει να συμπεριλάβει στην διαδικασία βελτιστοποίησης



Οθόνη 4.4 : Επιλογή χρονικού εύρους ιστορικών κλεισιμάτων μετοχών

5. Ο User εισάγει τους περιορισμούς που απαιτούνται για την παραμετροποίηση της βελτιστοποίησης με βάση το επενδυτικό προφίλ του και επιλέγει να γίνει η βελτιστοποίηση του χαρτοφυλακίου αντιστοίχισης.

Index Tracker - Constraints Selection

General

Cash to Invest: \$ (currently 0 \$ invested)

Number of Stocks in TP:

Stock Proportion Boundaries: (%) to (%)

Data Frequency: Daily Weekly Yearly

Transaction Costs Related

Transaction Costs: (% of Portfolio Value)

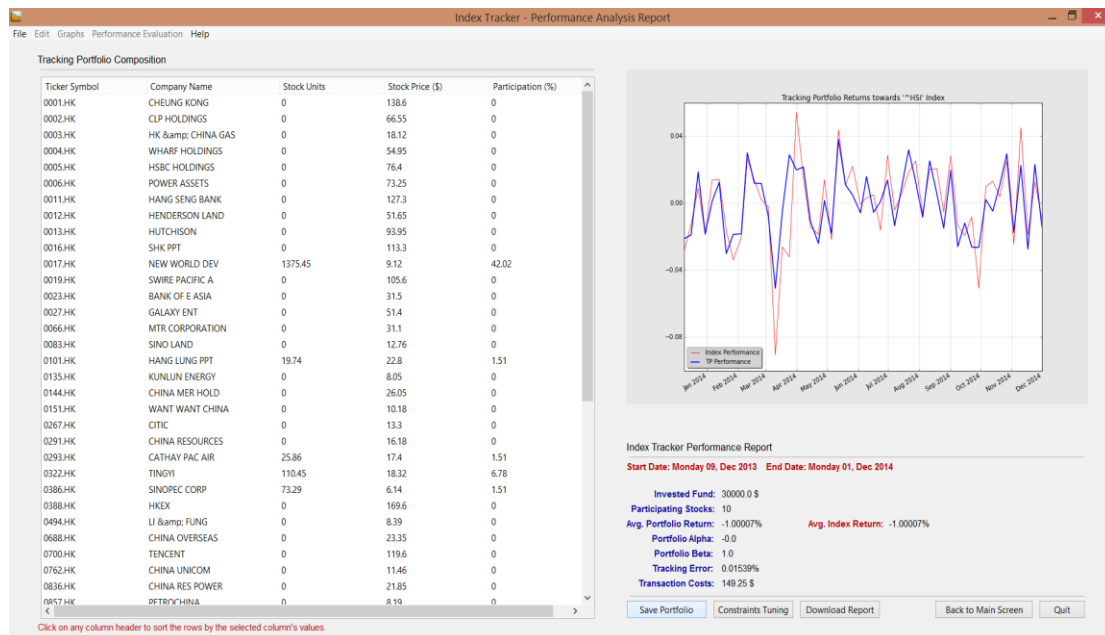
Base Points: (*0.01%)

Enhanced Indexation

Excessive Return: (% from current Index Return)

Οθόνη 4.5 : Εισαγωγή περιορισμών

6. Γίνεται η βελτιστοποίηση και η κατασκευή του χαρτοφυλακίου με βάση τις παραπάνω επιλογές. Ο χρήστης έχοντας αξιολογήσει το χαρτοφυλάκιο που προέκυψε επιλέγει να αποθηκευτεί στη βάση δεδομένων του συστήματος.



Οθόνη 4.6 : Επισκόπηση και αποθήκευση βέλτιστου χαρτοφυλακίου

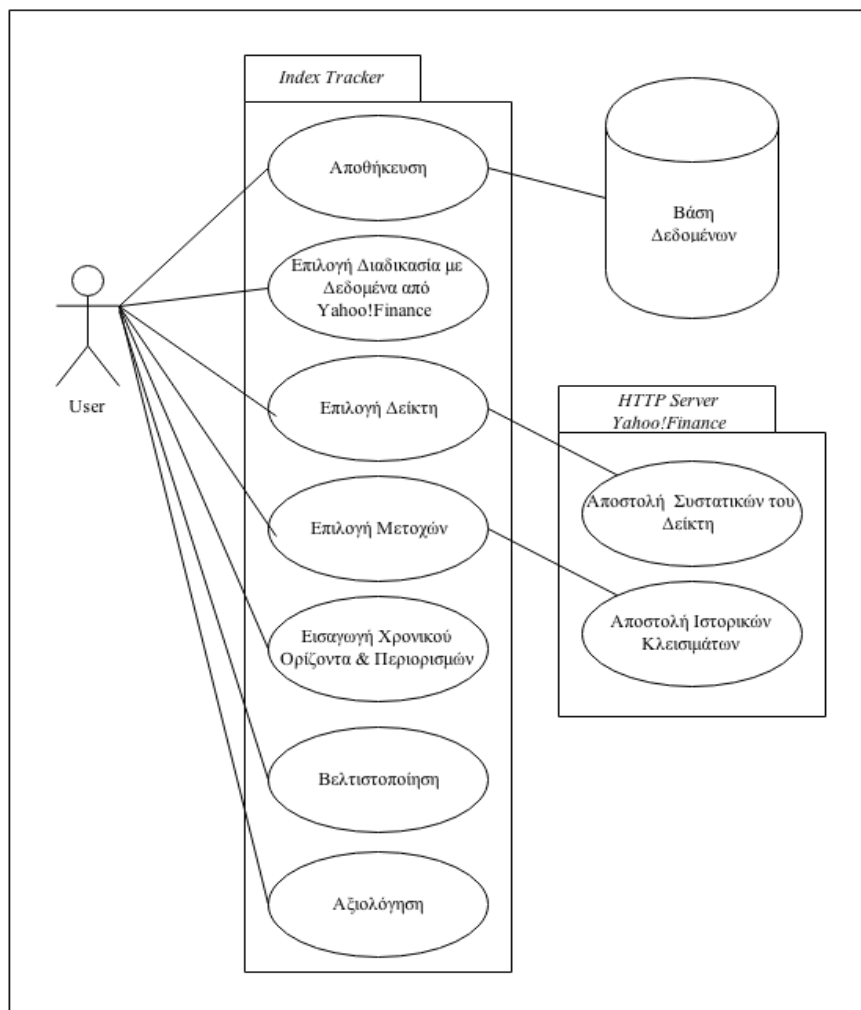
ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ

1. Ο «*Index Tracker*» αποτυγχάνει να συνδεθεί με τον Server. Σε αυτήν την περίπτωση ενημερώνει τον User ότι η επικοινωνία με τον Server δεν είναι εφικτή και να ελέγξει την σύνδεση του με το Διαδίκτυο και να δοκιμάσει ξανά.
2. Το γραμμικό σύστημα που προέκυψε από τις επιλογές του χρήστη δεν έχει αποδεκτή λύση (Infeasible). Σε αυτήν την περίπτωση ο χρήστης ενημερώνεται αντίστοιχα, και οδηγείται στην οθόνη της εισαγωγή των περιορισμών με σκοπό να παραμετροποιήσει διαφορετικά το σύστημα.
3. Η αποθήκευση του χαρτοφυλακίου στη βάση αποτυγχάνει. Σε αυτήν την περίπτωση έχει αποτύχει η σύνδεση του προγράμματος με τη βάση δεδομένων και ο χρήστης θα ενημερωθεί με κατάλληλο μήνυμα για να ξαναδοκιμάσει.

ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

- Ο χρήστης μπορεί να αξιολογήσει το παραγόμενο χαρτοφυλάκιο και σε περίπτωση που δεν πετυχαίνει στο βαθμό που θέλει το ζητούμενο, να επιλέξει να παραμετροποιήσει ξανά το σύστημα και να επαναλάβει την διαδικασία της βελτιστοποίησης του, μέσω της επιλογής που προσφέρεται για Constraints Tuning.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΧΡΗΣΗΣ

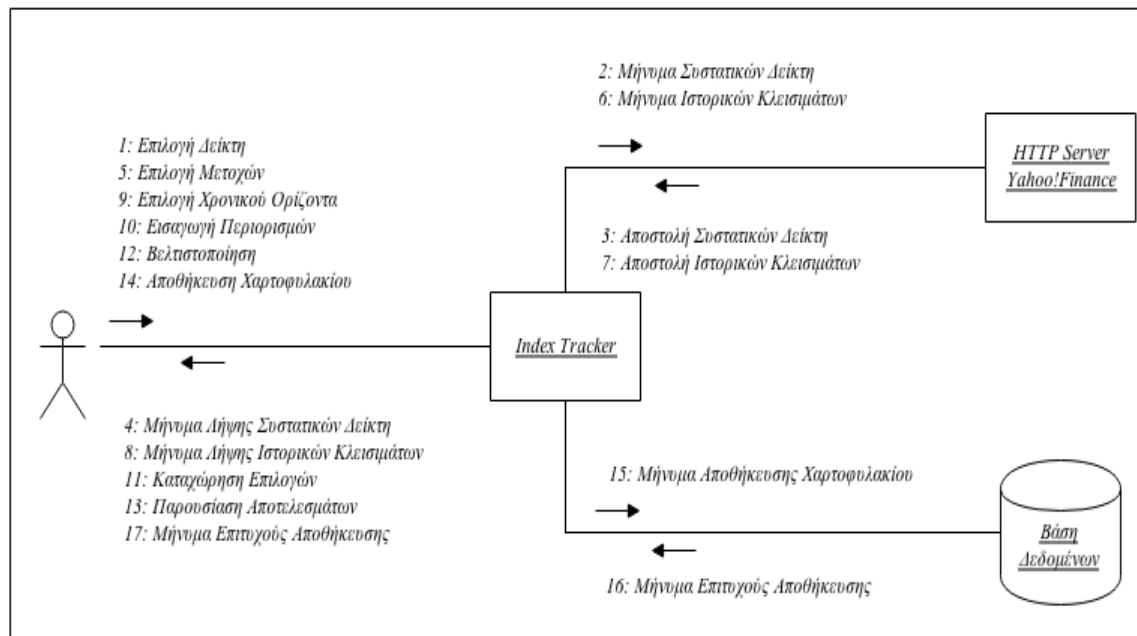


Σχήμα 4.2 : Διάγραμμα περίπτωση χρήσης (UML)

4.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ

ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ

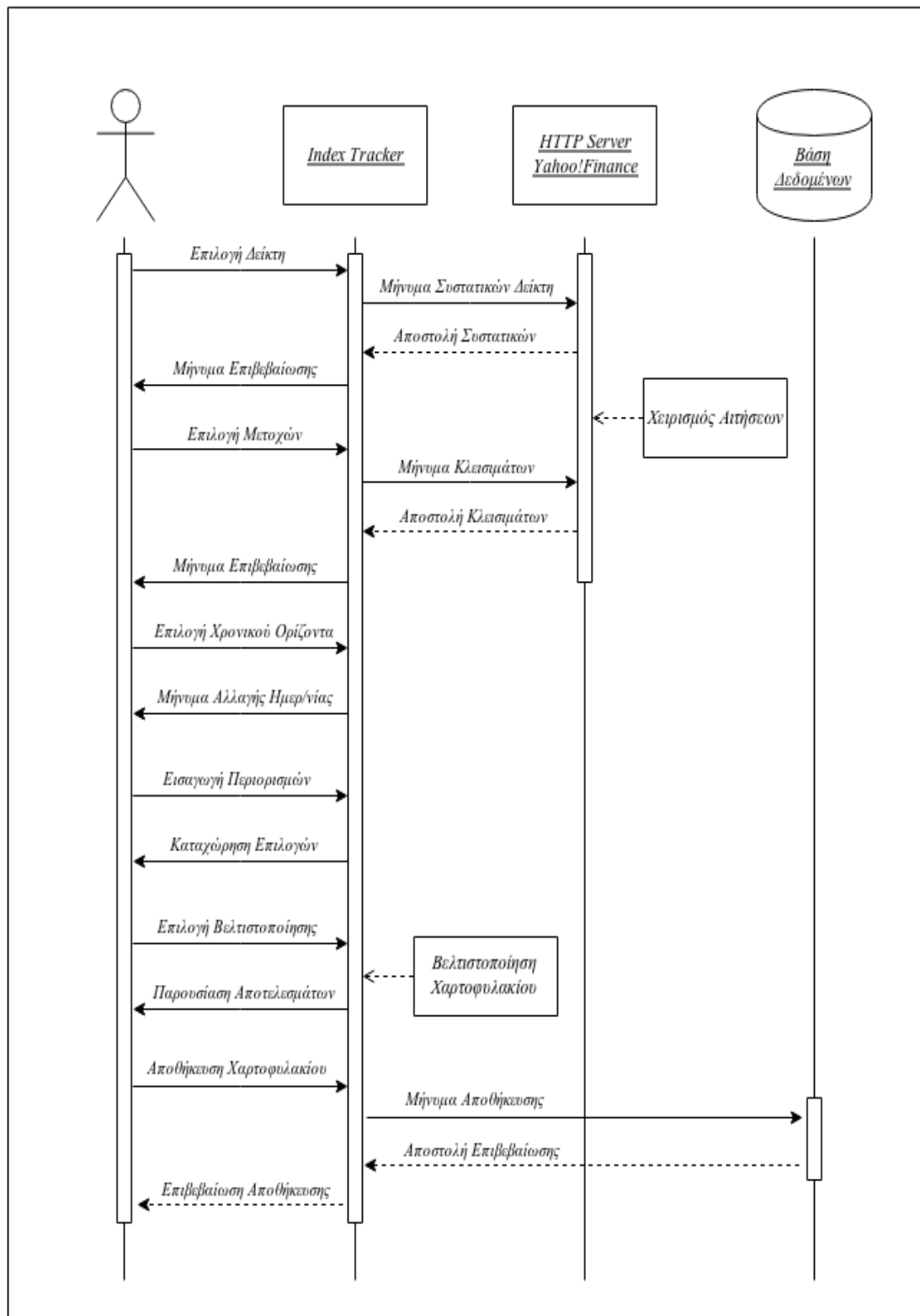
Ο χρήστης θέλει να εξαγάγει βέλτιστο χαρτοφυλάκιο και να εξετάσει την πορεία αυτού συγκριτικά με τις αποδόσεις του δείκτη.



Σχήμα 4.3 : Επικοινωνιακό διάγραμμα (UML)

ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ

Ο χρήστης θέλει να εξαγάγει βέλτιστο χαρτοφυλάκιο και να εξετάσει την πορεία αυτού συγκριτικά με τις αποδόσεις του δείκτη.



Σχήμα 4.4 : Ακολουθιακό διάγραμμα (UML)

4.4 ΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Για την ορθή λειτουργία του συστήματος θα πρέπει να εξασφαλίζονται η αξιοπιστία της αδιάλειπτης λειτουργίας και η διαθεσιμότητα, δηλαδή η άμεση ανταπόκριση, του server για την αποστολή των συστατικών στοιχείων κάθε δείκτη καθώς και των ιστορικών κλεισιμάτων των μετοχών. Επιπλέον, είναι αναγκαία η διασφάλιση της ύπαρξης του αναγκαίου αποθηκευτικού χώρου, τόσο για την εγκατάσταση του λογισμικού όσο και για την υποστήριξη των λειτουργιών του, καθώς και της υπολογιστικής ισχύς της μονάδας που χρησιμοποιεί ο χρήστης για την εκτέλεση του προγράμματος. Τέλος, κρίσιμη είναι η σύνδεση της μονάδας αυτής στο διαδίκτυο.

Η υπολογιστική μονάδα (PC) του χρήστη θα πρέπει να λειτουργεί με ένα από τα παρακάτω λογισμικά:

- Windows 8
- Windows 7
- Windows Vista
- Windows XP
- Windows Server 2012
- Windows Server 2008
- Windows Server 2003
- Linux Debian distributions
- Mac OS X

Στις δύο τελευταίες περιπτώσεις, θα χρειαστεί διαφορετική μορφή πακετοποίησης του προγράμματος μας σε σχέση με την υπάρχουσα.

Αντίστοιχα η αρχιτεκτονική της μονάδας μπορεί να είναι μια από τις:

- x86
- x64

Οι ελάχιστες απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ και μνήμη είναι οι ακόλουθες:

- οποιοσδήποτε Intel ή AMD x86 ή x64 επεξεργαστής που να υποστηρίζει SSE2 αρχιτεκτονική εντολών (instruction set)
- 1024 MB (συστήνεται να υπάρχουν τουλάχιστον 2048 MB μνήμης)

Όπως προαναφέρθηκε ο χρήστης θα πρέπει να διαθέτει σύνδεση στο διαδίκτυο με σκοπό να λαμβάνει τις μετοχές που συνθέτουν κάθε δείκτη, καθώς και τα ιστορικά κλεισίματα αυτών. Η σύνδεση με τον εξυπηρετητή γίνεται μέσω του δικτυακού πρωτοκόλλου TCP/IP και η μεταφορά των δεδομένων μέσω του πρωτοκόλλου HTTP.

Το πληροφοριακό σύστημα «*Index Tracker*» προγραμματίστηκε στη γλώσσα γενικού σκοπού *Python* ενώ για την διεπαφή με το χρήστη (Graphical User Interface, GUI) χρησιμοποιήθηκε η cross-platform βιβλιοθήκη *wxPython*. Η ανάπτυξη έγινε στο ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (integrated

development environment, IDE) *Eclipse Standard/SDK, 2013 edition* και για την εκτέλεση της Python έγινε χρήση του interpreter *PyDev*. Οι βιβλιοθήκες των συναρτήσεων που χρησιμοποιούνται για την επίλυση του μικτού ακεραίου γραμμικού προγραμματισμού ανήκουν στο πακέτο λογισμικού *Gurobi Optimizer Version 5.6.3 with Academic License* της Gurobi Optimization Corp.

Τα ιστορικά κλεισίματα καθώς και τα συστατικά των δεικτών, αντλούνται μέσω του διαδικτύου από την βάση δεδομένων του Yahoo!Finance (<http://finance.yahoo.com/>) που αποτελεί τον μεγαλύτερο και πιο αξιόπιστο πάροχο χρηματιστηριακών δεδομένων για όλες τις διεθνής αγορές και δεν απαιτεί κάποια συνδρομή.

ΓΛΩΣΣΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ PYTHON

Η γλώσσα Python είναι μια γλώσσα multi-paradigm (object orientation, structured programming, features of functional programming, κ.α.). Μαζί με την Java και τις C και C++ αποτελούν τις περισσότερες χρησιμοποιούμενες γλώσσες προγραμματισμού αυτή τη στιγμή. Η Python όμως, όπως και διάφορες επεκτάσεις και frameworks της (Django, Jython, κ.α.) κερδίζουν όλο και περισσότερους προγραμματιστές και αποτελούν την πιο μοντέρνα και συχνή πλέον λύση στην οποία καταφεύγουν για τον σχεδιασμό πληροφοριακών συστημάτων. Η Python βρίσκει εφαρμογές σε ποίκιλλα επιστημονικά πεδία, ορισμένα εκ των οποίων είναι τα ακόλουθα:

- Εφαρμογές Μαθηματικών και Φυσικής (physics and mathematics)
- Τεχνητής Νοημοσύνης (artificial intelligence)
- Ασφάλεια Δικτύων και Πληροφορίας (network and information security)
- Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (natural language processing)
- Ποσοτικοποιημένα Χρηματοοικονομικά (quantitative finance), κ.α.

Βασικά πλεονεκτήματα της Python που την κάνουν τόσο δημοφιλή και αποτελούν τους βασικούς λόγους γιατί επιλέχτηκε σαν την γλώσσα προγραμματισμού του πληροφοριακού μας συστήματος είναι οι ακόλουθοι:

1. Ευκολία και ευελιξία προγραμματισμού, κάτι που προσφέρει συγκέντρωση στον αλγόριθμο και όχι στο debugging
2. Παράγει κώδικα εύκολα επεκτάσιμο
3. Παράγει κώδικα που είναι συμβατός κατά 99.9% σε οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα
4. Διαθέτει πολύ καλό documentation και πλήρη σειρά έτοιμων διαδικτυακών βιβλιοθηκών
5. Πλέον όλο και περισσότερες εταιρίες που ασχολούνται με financial engineering εφαρμογές επιλέγουν για τη σχεδίαση του λογισμικού της τη συγκεκριμένη γλώσσα.

ΠΑΚΕΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ GUROBI OPTIMIZER VERSION 5.6.3

Το συγκεκριμένο πακέτο λογισμικού χρησιμοποιήθηκε στο πληροφοριακό σύστημα «*Index Tracker*» για την εκτέλεση της μαθηματικής βελτιστοποίησης στο μεθοδολογικό πλαίσιο που περιεγράφηκε προηγουμένως.

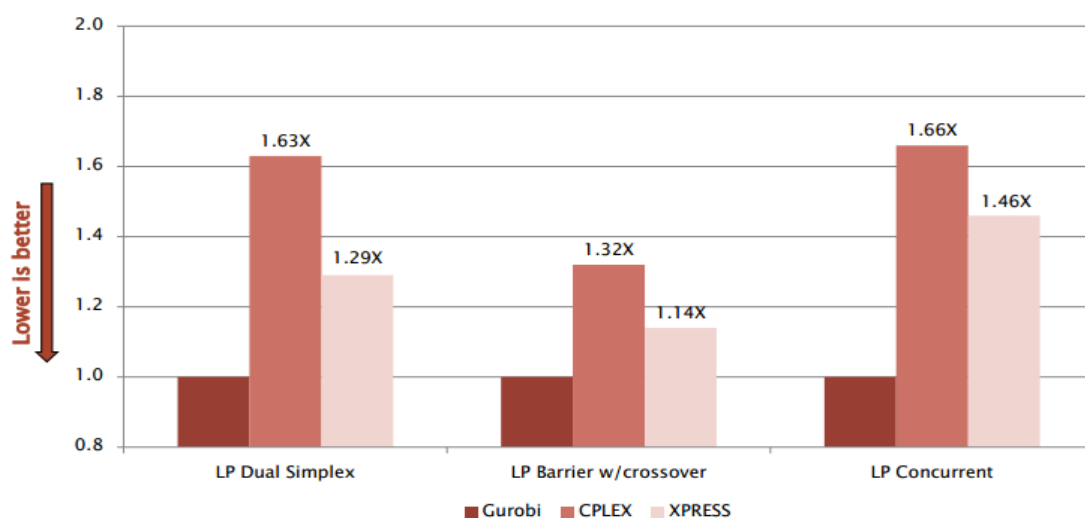
Το συγκεκριμένο πακέτο είναι ένας εμπορικός λύτης προβλημάτων βελτιστοποίησης για προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού (linear programming, LP), τετραγωνικού προγραμματισμού (quadratic programming, QP), προγραμματισμού με τετραγωνικούς περιορισμούς (quadratically constrained programming, QCP), μικτού ακεραίου γραμμικού προγραμματισμού (mixed-integer linear programming, MILP), μικτού ακεραίου τετραγωνικού προγραμματισμού (mixed-integer quadratic programming, MIQP) και προγραμματισμού με μικτούς ακεραίους τετραγωνικούς περιορισμούς (mixed-integer quadratically constrained programming, MIQCP). Το Gurobi έχει πάρει το όνομα του από τα αρχικά των ιδρυτών και σχεδιαστών του: Zonghao Gu, Edward Rothberg and Robert Bixby.

Το πακέτο λογισμικού Gurobi Optimizer υποστηρίζει μια ποικιλία γλωσσών προγραμματισμού και σχεδιασμού ορισμένες εκ των οποίων είναι:

- object-oriented διαπροσωπείες για τις C++, Java, .NET και Python
- matrix-oriented διαπροσωπείες για τις C, MATLAB και R
- συνδέσμους για standard modeling languages όπως είναι οι AIMMS, AMPL, GAMS και MPL
- συνδέσμους για το Excel μέσω των Premium Solver Platform και Risk Solver Platform.

Η επιλογή του συγκεκριμένου πακέτου έγινε συγκρίνοντας το από σκοπιάς documentation, tech support και χρόνων επίλυσης με άλλα μεγάλα εμπορικά πακέτα όπως είναι αυτά που προσφέρουν η IBM Corp. (CPLEX ILOG) και η FICO (XPRESS Solver Engine).

Η βασική διαφορά που οδήγησε στην επιλογή του συγκεκριμένου πακέτου ήταν η διαφορά στην χρονική επίδοση, όπου το Gurobi αποδείχτηκε ταχύτερο για τα είδη προγραμματισμού που μας ενδιαφέρουν στο παρόν μοντέλο. Η ταχύτητα εκτέλεσης συγκρίθηκε βασιζόμενοι στα benchmark που παρέχονται από τον καθηγητή Hans Mittelmann και συνοψίζονται στο διάγραμμα που ακολουθεί.



Σχήμα 4.5 : Σύγκριση επίδοσης του Gurobi Solver με άλλα εμπορικά πακέτα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

Εφαρμογή Προτεινόμενης Μεθοδολογίας

5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΙΚΤΩΝ

Με σκοπό να αξιολογήσουμε το πρόγραμμα που αναπτύχθηκε και να διαπιστώσουμε την ορθότητα της υλοποίησης του αλγορίθμου που περιεγράφηκε στο Κεφάλαιο 3, έγιναν προσομοιώσεις της εκτέλεσης του, χρησιμοποιώντας σαν δείκτες προς αντιστοίχιση τους ακόλουθους:

1. S&P 500 (^GSPC)
2. Euro Stoxx 50 (^STOXX50E)
3. German DAX (^GDAXI)
4. FTSE 100 (^FTSE)
5. Hang Seng (^HSI)

Προτού γίνει η παρουσίαση των δεδομένων και η αξιολόγηση τους, κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστούν εν συντομία οι προαναφερθέντες δείκτες με σκοπό να αποκτήσει ο αναγνώστης μια καλύτερη εικόνα για αυτούς και για τον τρόπο που διαμορφώνονται.

A. S&P 500

Ο Standard & Poor's 500 Index είναι ένας δείκτης που ιδρύθηκε το 1957 και αποτελείται από 500 μετοχές εταιριών οι οποίες διαπραγματεύονται είτε στο Χρηματιστήριο της Νέας Υόρκης (NYSE) είτε στον NSDAQ. Ο S&P 500 είναι σχεδιασμένος έτσι ώστε να είναι ο βασικός αντιπρόσωπος των αμερικάνικων μετοχών και αποτυπώνει τα χαρακτηριστικά κινδύνου – απόδοσης του περιβάλλοντος των εταιριών μεγάλης κεφαλαιοποίησης. Όπως υπολογίστηκε τον Σεπτέμβριο του 2014, έχει αξία κεφαλαιοποίησης 18.5 τρισεκατομμύριά δολάρια (USD, \$).

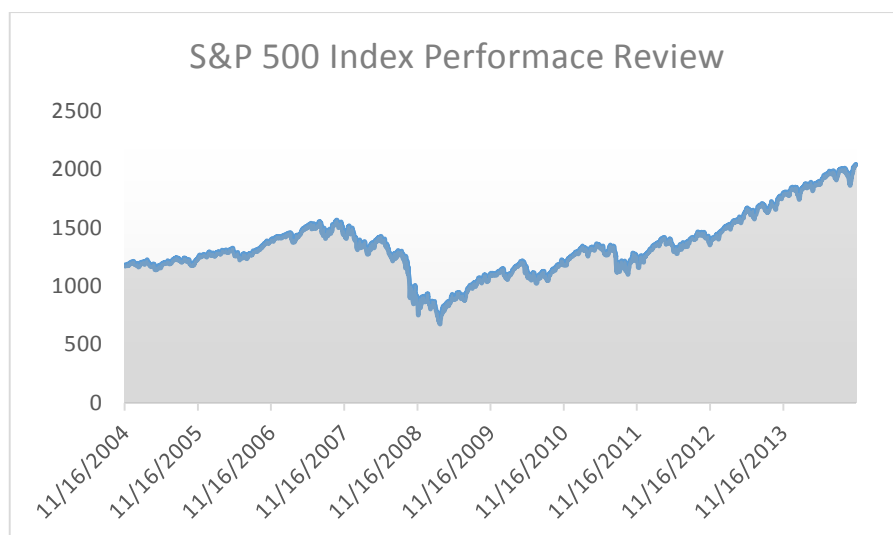
Οι εταιρίες που περιλαμβάνονται στον δείκτη έχουν επιλεγεί από την S&P Index Committee, μια ομάδα αναλυτών και οικονομολόγων του οίκου Standard & Poor's. Ο S&P 500 είναι ένας δείκτης όπου η συμμετοχή των εταιριών διαμορφώνεται μέσω της αξίας κεφαλαιοποίησης τους – δηλαδή η στάθμιση κάθε μετοχής είναι ποσοστιαία της αξίας της στην αγορά. Τέτοιες εταιρίες είναι οι American Electric Power, Microsoft Corporation, Time Warner Inc., κ.α.

Πρέπει να αναφερθεί ότι οι μετοχές των διάφορων εταιριών που τον αποτελούν, όπως αναφέρθηκε, έχουν διαφορετικό βάρος στη διαμόρφωση του της

τιμής του δείκτη, ανάλογα με την αξία κεφαλαιοποίησης, την κινητικότητα τους και τέλος την βιομηχανία στην οποία δραστηριοποιούνται. Για παράδειγμα, μετοχές οι οποίες έχουν υψηλότερη αξία κεφαλαιοποίησης έχουν μεγαλύτερη επιρροή στην τιμή του δείκτη από ότι οι μετοχές με χαμηλότερη κεφαλαιοποίηση, ακόμα και αν είχαν μεγαλύτερη κινητικότητα. Το σύστημα αυτό άλλαξε το έτος 2005. Πιο συγκεκριμένα, με την αλλαγή αυτή η κεφαλαιοποίηση κάθε μετοχής, στα πλαίσια του δείκτη, υπολογίζεται αποκλειστικά με βάση τον αριθμό των κομματιών της που είναι διαθέσιμα για διακίνηση από το κοινό.

Αναφέρεται ότι οι τιμές των μετοχών εμφανίζονται σε αμερικάνικα δολάρια (USD) και η τιμή του δείκτη ανανεώνεται κάθε 15'' κατά τη διάρκεια των ωρών λειτουργίας του χρηματιστηρίου και ότι, τέλος, η διάδοση του καλύπτεται από την Reuters America, Inc..

Στην συνέχεια, στο γράφημα που ακολουθεί, παρουσιάζεται η πορεία του δείκτη S&P 500 για τα τελευταία 10 χρόνια:



Σχήμα 5.1 : Γραφική παράσταση πορείας του S&P 500 τα τελευταία δέκα χρόνια

B. EURO STOXX 50

Ο Euro Stoxx 50 είναι ένας δείκτη μετοχών, που περιλαμβάνει ευρωπαϊκές εταιρίες και είναι σχεδιασμένος από την STOXX, έναν πάροχο δεικτών που ανήκει στην Deutsche Börse Group και την SIX Group. Αποτελείται από 50 εκ των μεγαλύτερων και μεγαλύτερης κινητικότητας μετοχών. Τα παράγωγα του δείκτη, που γίνονται αντικείμενα συναλλαγών στον Eurex, είναι μεταξύ των περισσότερο κινητικών τέτοιον χρεογράφων στην Ευρώπη και σε ολόκληρο τον κόσμο.

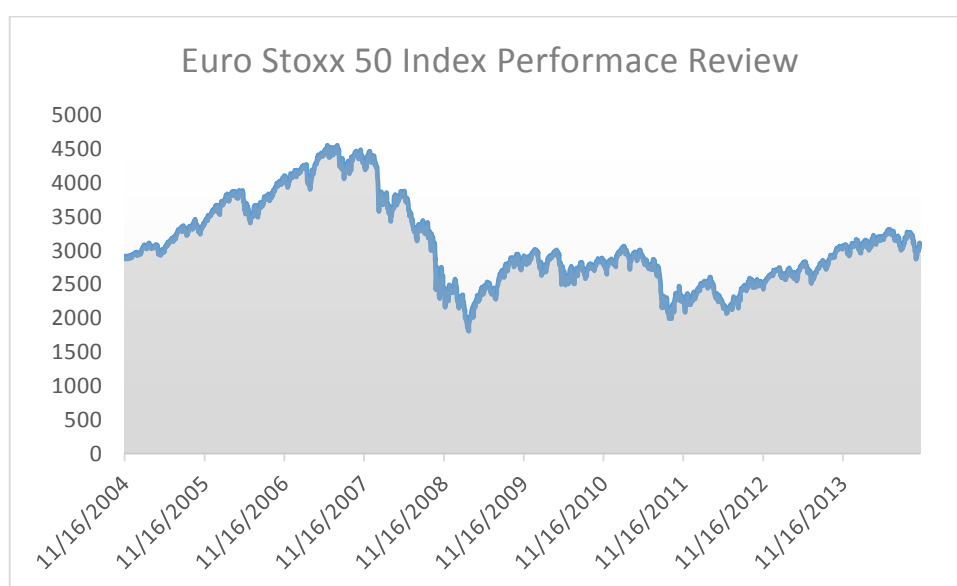
Ο Euro Stoxx 50 εμφανίστηκε στις 26 Φεβρουαρίου του έτους 1998. Η σύνθεση του αναθεωρείται σε ετήσια βάση κάθε Σεπτέμβρη. Ο δείκτης είναι διαθέσιμος τόσο σε EUR, USD, CAD, GBP, JPY ισοτιμίες και σε διάφορες μορφές απόδοσης (Τιμή, Καθαρή Απόδοση, Μεικτή Απόδοση). Η τιμή του δείκτη ανανεώνεται κάθε 15'' μεταξύ 09:00 CET και 18:00 CET για τις συνιστώσες των EUR και USD, ενώ οι υπόλοιπες είναι διαθέσιμες μόνο στο τέλος της ημέρας (18:00 CET).

Ο δείκτης χρησιμοποιείται από διάφορα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα για ένα ευρύ φάσμα επενδυτικών προϊόντων, όπως τα ETF's, futures καθώς και

options. Επιπλέον περιλαμβάνει το 60% περίπου της συνολικής αξίας κεφαλαιοποίησης του τομέα της ελεύθερης αγοράς του δείκτη Euro Stoxx Total Market Index (TMI), που με τη σειρά του περιλαμβάνει περίπου το 95% της αντίστοιχης κεφαλαιοποίησης των χωρών που συμμετέχουν σε αυτόν.

Το μεγαλύτερο ποσοστιαίο τμήμα του δείκτη, σε αξία κεφαλαιοποίησης, καταλαμβάνουν οι τράπεζες, και ακολουθούν οι εταιρίες χημικών και οι πετρελαιοβιομηχανίες. Η μεθοδολογία για την επιλογή των εταιριών διασφαλίζει μια σταθερή και ενημερωμένη σύνθεση του δείκτη. Η κανόνες για γρήγορη είσοδος και έξοδος εταιριών διασφαλίζουν ότι ο δείκτης αντιπροσωπεύει με ακρίβεια την απόδοση των μεγαλύτερων και μεγαλύτερης κινητικότητας μετοχών.

Στην συνέχεια, στο γράφημα που ακολουθεί, παρουσιάζεται η πορεία του δείκτη Euro Stoxx 50 για τα τελευταία 10 χρόνια:



Σχήμα 5.2 : Γραφική παράσταση πορείας του Euro Stoxx 50 τα τελευταία δέκα χρόνια

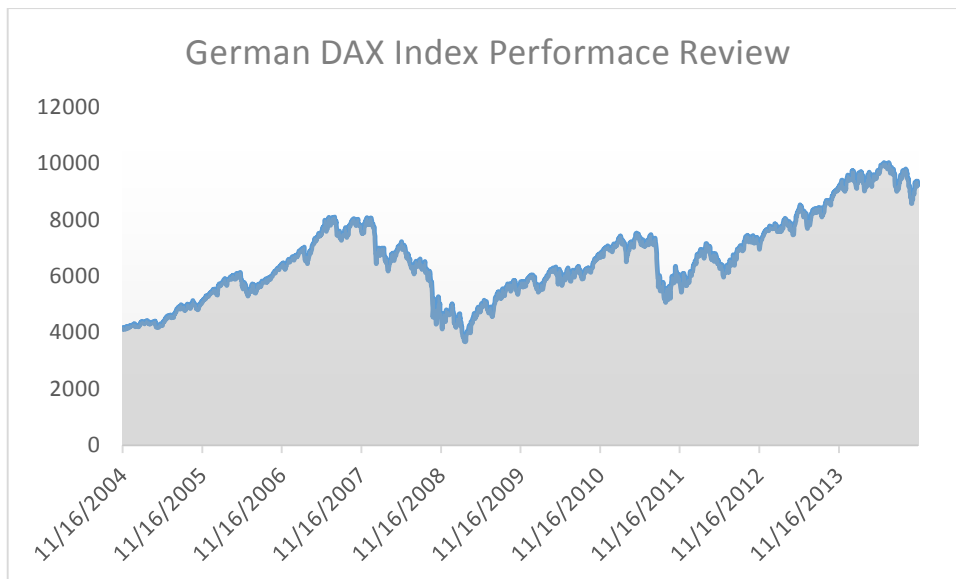
C. GERMAN DAX

Ο DAX είναι ένας δείκτης “blue chip” μετοχών, και συντίθεται από τις 30 μεγαλύτερες Γερμανικές εταιρίες που συναλλάσσονται στο Χρηματιστήριο της Φρανκφούρτης. Οι τιμές λαμβάνονται από το ηλεκτρονικό σύστημα συναλλαγών Xerta. Σύμφωνα με την Deutsche Börse, που είναι και διαχειριστής του Xerta, ο DAX μετράει την επίδοση των 30 μεγαλύτερων Γερμανικών εταιριών σε όρους κεφαλαιοποίησης και όγκου συναλλαγών. Είναι ισοδύναμος με τον FT 30 και τον Dow Jones Industrial Average αλλά εξαιτίας του μικρού αριθμού εταιριών που τον αποτελούν δεν αναπαριστά αναγκαία την οικονομία στο σύνολο της.

Η ημερομηνία δημιουργίας του δείκτη είναι στις 30 Δεκεμβρίου του 1987 και ξεκίνησε από τιμή βάσης 1000. Το σύστημα Xerta ανανεώνει την τιμή του δείκτη κάθε 1” από τον Ιανουάριο του 2006 και έπειτα. Έχει αξία κεφαλαιοποίησης 1018 δισεκατομμύρια ευρώ και τα βάρη συμμετοχής των μετοχών καθορίζονται από την αξία κεφαλαιοποίησης των εταιριών στην αγορά.

Περιλαμβάνει εταιρίες κολοσσούς της Γερμανικής αγοράς, όπως είναι οι Adidas, Allianz, BMW, Deutsche Bank, Siemens, VW Group, κ.α..

Στην συνέχεια, στο γράφημα που ακολουθεί, παρουσιάζεται η πορεία του δείκτη German DAX για τα τελευταία 10 χρόνια:



Σχήμα 5.3 : Γραφική παράσταση πορείας του German DAX τα τελευταία δέκα χρόνια

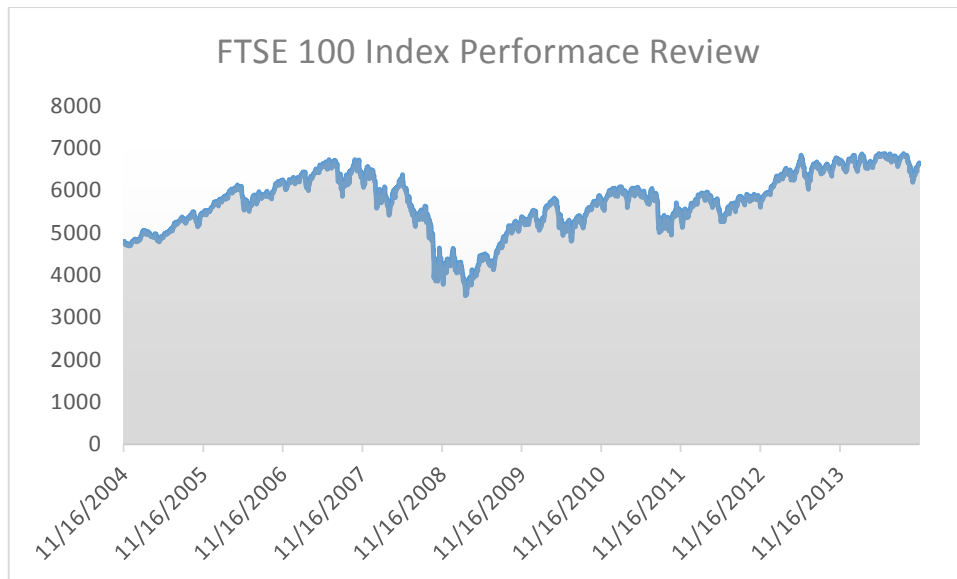
D. FTSE 100

Ο FTSE 100 είναι ένας δείκτης που συντηρείται από το FTSE Group, μια θυγατρική της London Stock Exchange. Η τιμή του ανανεώνεται σε πραγματικό χρόνο και δημοσιεύεται κάθε 15'' τις ώρες λειτουργίας του Χρηματιστηρίου. Αποτελείται από τις 100 μεγαλύτερες εταιρίες του βρετανικού Χρηματιστηρίου με βάση την συνολική τους αξία στην αγορά. Πολλές από τις εταιρίες αυτές είναι διεθνής και συνεπώς δεν αποτελεί καλό δείκτη για την πορεία της βρετανικής οικονομίας. Οι εταιρίες που απαρτίζουν τον δείκτη αναθεωρούνται κάθε τετράμηνο από την επιτροπή.

Οι εταιρίες του δείκτη FTSE 100 αντιπροσωπεύουν περίπου το 81% της συνολικής κεφαλαιοποίησης της αγοράς στο London Stock Exchange. Παρόλο που ο FTSE All-Share Index είναι πολύ περισσότερο περιεκτικός, ο FTSE 100 χρησιμοποιείται πολύ περισσότερο δείκτης της βρετανικής αγοράς μετοχών. Άλλοι σχετικοί δείκτες είναι οι FTSE 250 Index, FTSE 350 Index, FTSE SmallCap Index και FTSE Fledgling Index.

Οι συνιστώσες εταιρίες πρέπει να πληρούν έναν αριθμό από προϋποθέσεις που καθορίζονται από το FTSE Group, όπως για παράδειγμα να είναι καταχωρημένες στο Χρηματιστήριο Αξιών του Λονδίνου και να πληρούν κάποια κριτήρια σε εθνικότητα, κινητικότητα, κ.α.

Στην συνέχεια, στο γράφημα που ακολουθεί, παρουσιάζεται η πορεία του δείκτη FTSE 100 για τα τελευταία 10 χρόνια:



Σχήμα 5.4 : Γραφική παράσταση πορείας του FTSE 100 τα τελευταία δέκα χρόνια

E. HANG SENG

Ο Hang Seng Index είναι ένας δείκτης στην αγορά του Hong Kong και τα βάρη συμμετοχής της κάθε μετοχής εξαρτώνται από την αξία κεφαλαιοποίησης στην αγορά της κάθε εταιρίας. Η αξία κεφαλαιοποίησης κάθε εταιρίας έχει υπολογιστεί με τη free-float μέθοδο.

Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή, στον υπολογισμό του συνολικού αριθμού των διαθέσιμων μετοχών δεν λαμβάνονται υπόψιν οι μετοχές που είναι κρατημένες από κυβερνήσεις και άλλους φορείς. Δηλαδή θα έχουμε:

$$FFM \text{ Market Cap} = \text{Share Price} * (\#Shares \text{ Outstanding} - \#Locked \text{ In Shares})$$

Ο δείκτης Hang Seng χρησιμοποιείται για να παρακολουθεί και να ελέγχει τις καθημερινές αλλαγές στις μεγαλύτερες εταιρίες της αγοράς μετοχών του Hong Kong και είναι ο βασικός δείκτης της συνολικής απόδοσης της αγοράς του Hong Kong. Αποτελείται από 48 μετοχές εταιριών οι οποίες αντιπροσωπεύουν το 60% της κεφαλαιοποίησης του Χρηματιστηρίου Αξιών του Hong Kong.

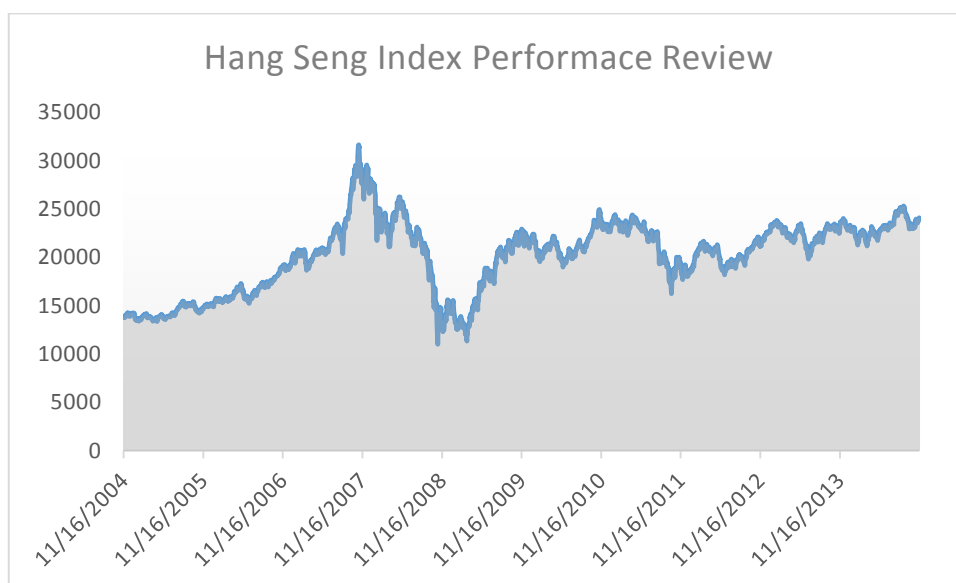
Ο Hang Seng δημιουργήθηκε στις 24 Νοεμβρίου του 1969 από τον τραπεζίτη Stanley Kwan και συντηρείται από την Hang Seng Company Limited, που είναι μια θυγατρική της Hang Seng Bank, μιας από τις μεγαλύτερες τράπεζες του Hong Kong σε βάση αξίας κεφαλαιοποίησης. Οι μετοχές που τον συνθέτουν επιλέγονται με τη χρήση μιας εκτενούς ανάλυσης, σε συνδυασμό με εξωτερική διαβούλευση. Για να θεωρηθεί ικανή να εισαχθεί στον δείκτη, μια εταιρία:

- Πρέπει να είναι μεταξύ αυτών που επιτυγχάνουν το 90% της συνολικής αξίας της αγοράς των απλών μετοχών
- Πρέπει να είναι μεταξύ αυτών που επιτυγχάνουν το 90% του συνολικού τζίρου του Χρηματιστηρίου Αξιών του Hong Kong Limited "SEHK".
- Πρέπει να έχουν εισαχθεί στο Χρηματιστήριο τουλάχιστον πριν από 24 μήνες ή να πληρούν ορισμένες άλλες προϋποθέσεις που παρουσιάζονται ακολούθως:

Average MV Rank at Time of Review	Minimum Listing History
top 5	3 μήνες
6 – 15	6 μήνες
16 – 20	12 μήνες
21 – 25	18 μήνες
κάτω από 25	24 μήνες

Πίνακας 5.1 : Προϋποθέσεις εισαγωγής μετοχής στο Χ.Α. του Hong Kong

Στην συνέχεια, στο γράφημα που ακολουθεί, παρουσιάζεται η πορεία του δείκτη Hang Seng για τα τελευταία 10 χρόνια:



Σχήμα 5.5 : Γραφική παράσταση πορείας του Hang Seng τα τελευταία δέκα χρόνια

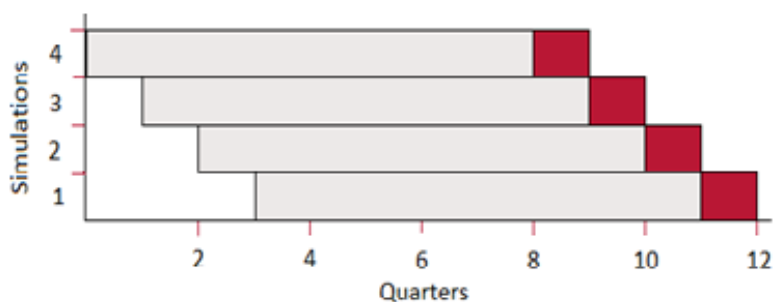
5.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

5.2.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Στην παρούσα ενότητα αναλύονται οι παράμετροι της προσομοίωσης όπως αυτές επιλέχθηκαν για τη εξαγωγή συμπερασμάτων για την ορθή και αποδοτική λειτουργία του πληροφοριακού συστήματος που αναπτύχθηκε. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρονται το χρονικό εύρος των ιστορικών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν, οι τιμές που δόθηκαν στις μεταβλητές εισόδου, ο χρονικός ορίζοντας βελτιστοποίησης και τα χρονικά όρια αναπροσαρμογής του χαρτοφυλακίου.

Αναφορικά με τα ιστορικά κλεισίματα των μετοχών, χρησιμοποιήθηκαν σε εβδομαδιαία συχνότητα αυτά της τριετής περιόδου, από τον Οκτώβρη του 2011 μέχρι τον Οκτώβρη του 2014. Κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής, πραγματοποιήθηκαν 4 προσομοιώσεις για κάθε δείκτη με τα στοιχεία που

αντλήθηκαν για τα προαναφερθέντα χρονικά διαστήματα. Αρχικά έγινε η κατασκευή του αρχικού χαρτοφυλακίου χρησιμοποιώντας σαν δεδομένα τα ιστορικά κλεισίματα των μετοχών για τα 2 πρώτα χρόνια (Οκτώβρης 2011 – Οκτώβρης 2013). Στη συνέχεια εξετάστηκε η απόδοση του χαρτοφυλακίου στα ιστορικά δεδομένα των επόμενων 3 μηνών (out-of-sample evaluation), ώστε να έχουμε ένα μέτρο της αποτελεσματικότητας του μοντέλου σε πραγματικά δεδομένα. Έπειτα, αναπροσαρμόσαμε το χαρτοφυλάκιο χρησιμοποιώντας σαν ιστορικά δεδομένα πλέον, τα δεδομένα που προκύπτουν αν συμπεριλάβουμε τα δεδομένα των 3 μηνών (out-of-sample period) και εξαιρέσουμε το αντίστοιχο διάστημα από τα παλαιότερα δεδομένα που χρησιμοποιούσαμε προηγουμένως – δηλαδή αντί για Οκτώβρης 2011 με Οκτώβρης 2013 θα έχουμε Δεκέμβριος 2011 με Δεκέμβριος 2013. Επομένως, κάθε χαρτοφυλάκιο αναθεωρήθηκε κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης 4 φορές, ενώ πριν από κάθε μια από αυτές γίνονταν αξιολόγηση του μοντέλου. Η αναπροσαρμογή του χαρτοφυλακίου γίνεται στο τέλος κάθε περιόδου ελέγχου. Η διαδικασία προσομοίωσης παρουσιάζεται ακολούθως και σχηματικά. Σημειώνεται ότι με τις γκρι ράβδους αναπαρίστανται οι περίοδοι της βελτιστοποίησης, ενώ με τις κόκκινες οι περίοδοι για τις οποίες εκτελείται η αξιολόγηση του χαρτοφυλακίου για τα out-of-sample δεδομένα. Σημειώνεται επιπλέον, ότι το ίδιο σχήμα προσομοίωσης ακολουθήθηκε τόσο για την Στρατηγική Αντιστοίχισης, όσο και για την Στρατηγική Ενισχυμένης Αντιστοίχισης.



Σχήμα 5.6 : Διαδικασία προσομοίωσης

Οι τιμές που δόθηκαν στις παραμέτρους και τους περιορισμούς του μοντέλου ήταν οι ακόλουθες:

- Διαθέσιμο κεφάλαιο (C) ίσο με 100000 χρηματικές μονάδες. Οι χρηματικές μονάδες είναι αυτές που χρησιμοποιεί ο εκάστοτε δείκτης και παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Index	Currency
<i>S&P 500</i>	USD
<i>Euro Stoxx 50</i>	EUR
<i>Hang Seng</i>	HKD
<i>German DAX</i>	EUR
<i>FTSE 100</i>	GBP

Πίνακας 5.2 : Νόμισμα έκφρασης κάθε δείκτη

- Αριθμός διαφορετικών μετοχών που συμμετέχουν στο χαρτοφυλάκιο (**K**) διαφέρει για κάθε δείκτη, δεδομένου ότι αλλάζουν τα μεγέθη των συνολικών μετοχών που των συνθέτουν. Οι τιμές που δόθηκαν στην παράμετρο **K** παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Index	K
<i>S&P 500</i>	50
<i>Euro Stoxx 50</i>	10
<i>Hang Seng</i>	15
<i>German DAX</i>	10
<i>FTSE 100</i>	20

Πίνακας 5.3 : Πλήθος συμμετεχόντων μετοχών για κάθε δείκτη στην διαδικασία προσομοίωσης

- Κόστη συναλλαγής (**g**) μικρότερα ή ίσα του 0.5% της συνολικής αξίας του διαθέσιμου επενδυτικού κεφαλαίου.
- Κόστος κάθε αγοράς ή πώλησης μιας μονάδας μετοχής (**f_s** και **f_b**) ίσο με το 0.5% της αξίας της μετοχής αυτής.
- Ελάχιστο ποσοστό συμμετοχής της κάθε μετοχής στο χαρτοφυλάκιο (**ε**) ίσο με 1%, κοινό για όλους τους δείκτες.
- Μέγιστο ποσοστό συμμετοχής της κάθε μετοχής στο χαρτοφυλάκιο (**δ**) ίσο με 90%, κοινό για όλους τους δείκτες.
- Στην περίπτωση της *Στρατηγικής Αντιστοίχισης Δείκτη*, η παράμετρος που καθορίζει την επιπλέον από αυτή του δείκτη επιθυμητή απόδοση (**a***) θεωρήθηκε 0, μιας και στόχος είναι να πετύχουμε ακριβώς τις ίδιες αποδόσεις με τον εκάστοτε δείκτη, ενώ στην περίπτωση της *Στρατηγικής Ενισχυμένης Αντιστοίχισης* θεωρήσαμε επιθυμητή επιπλέον ετήσια απόδοση ίση με 3% και συνεπώς δεδομένου ότι χρησιμοποιούμε γεωμετρικές αποδόσεις, οι οποίες συσσωρεύονται αθροιστικά, θα έχουμε δεδομένου ότι έχουμε εβδομαδιαία δεδομένα (52 εβδομάδες/έτος) ότι $a^* = \frac{0.03}{52} = 5.769 * 10^{-4}$.

Αναφορικά με το αρχικό κεφάλαιο θεωρήσαμε, χωρίς βλάβη της γενικότητας, ότι σε κάθε αναπροσαρμογή του χαρτοφυλακίου ότι ο χρήστης επένδυε στο σύνολο και πάλι 100,000 χρηματικές μονάδες. Πιο συγκεκριμένα, πέρα από την αξία του υπάρχοντος χαρτοφυλακίου που καλούνταν να αναθεωρήσει επένδυε επιπλέον και το ποσό που ξοδεύτηκε σε κόστη συναλλαγών στην προηγούμενη περίοδο βελτιστοποίησης, προκειμένου να διατηρείται σε κάθε περίοδο το προς επένδυση κεφάλαιο ίσο με 100,000 χρηματικές μονάδες.

Στις αρχικές προσομοιώσεις του κάθε δείκτη θεωρήθηκε ότι κατασκευάζουμε ένα χαρτοφυλάκιο από την αρχή, χωρίς να υπάρχει δηλαδή μέσα σε αυτό κάποια μετοχή. Στις 3 επόμενες θεωρήθηκε ότι γίνεται αναπροσαρμογή του χαρτοφυλακίου που προέκυψε από την προηγούμενη περίοδο της προσομοίωσης.

Σημειώνεται ότι τα παραπάνω, πέραν των διαφοροποιήσεων που αναφέρθηκαν, ισχύουν τόσο για την εκτέλεση της προσομοίωσης της

Στρατηγικής Αντιστοίχισης Δείκτη, όσο και για αυτήν της Στρατηγικής Ενισχυμένης Αντιστοίχισης Δείκτη.

5.2.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Στην παρούσα ενότητα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τις προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν για κάθε μια από τις δύο στρατηγικές τα μοντέλα των οποίων υλοποιήθηκαν και για κάθε έναν από τους δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν σαν μέτρα αξιολόγησης.

Στους πίνακες 5.1 – 5.12 που ακολουθούν φαίνονται οι τιμές των αντικειμένων βελτιστοποίησης που αντιστοιχούν στην απόδοση του μοντέλου που προέκυψε από την παραμετροποίηση του όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Προτού προχωρήσουμε σε παρουσίαση των πινάκων, κρίνεται σκόπιμο να επεξηγήσουμε την μορφή παρουσίασης των αποτελεσμάτων στους αντίστοιχους πίνακες.

Αναφέρουμε ότι η μορφή τους είναι κοινή τόσο για την Στρατηγική Αντιστοίχισης Δείκτη, όσο και για την Ενισχυμένη Στρατηγική Αντιστοίχισης Δείκτη εκτός μιας διαφοράς που τονίζεται παρακάτω.

ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΜΟΡΦΗΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Μπορούμε, αρχικά, η να χωρίζουμε τον κάθε πίνακα κατακόρυφα σε δύο τμήματα. Το πάνω τμήμα παρουσιάζει τα αποτελέσματα όπως αυτά προέκυψαν από τις προσομοιώσεις που εκτελέστηκαν, ενώ στο κάτω τμήμα παρουσιάζονται ορισμένα στατιστικής φύσεως στοιχεία που προέκυψαν για τα δεδομένα αυτά. Σε πρώτη φάση θα αναλύσουμε τον τρόπο που παρουσιάζονται τα δεδομένα στο πάνω τμήμα του πίνακα και στην συνέχεια θα προχωρήσουμε στην ανάλυση για στοιχεία του κάτω τμήματος.

Για το πάνω τμήμα του πίνακα, στο τμήμα των *In-sample* δεδομένων παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα για τις παραμέτρους alpha και beta του μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης ανάμεσα στα *in-sample* δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την διαδικασία βελτιστοποίησης και στην κατασκευή του χαρτοφυλακίου. Είναι αναμενόμενο το μοντέλο της παλινδρόμησης να εμφανίζει ιδανική συμπεριφορά σε αυτά, αφού στην ουσία προσαρμόζουμε το χαρτοφυλάκιο στο να μπορεί να ακολουθήσει αυτά τα δεδομένα. Στην τελευταία στήλη της κατηγορίας αυτής παρουσιάζονται τα κόστη συναλλαγών που προέκυψαν κατά την συγκεκριμένη περίοδο στην περίπτωση που αναθεωρούμε το χαρτοφυλάκιο μας.

Στη συνέχεια, στις στήλες που ανήκουν στα *Out-of-sample* δεδομένα, παρουσιάζεται η επίδοση του μοντέλου σε πραγματικά δεδομένα της αγοράς τα οποία δεν έχουμε χρησιμοποιήσει στην διαδικασία κατασκευής του χαρτοφυλακίου. Στις δύο πρώτες στήλες παρουσιάζουμε και πάλι τις παραμέτρους του μοντέλου της γραμμικής παλινδρόμησης για κάθε ένα από τα Quarter που εξετάσαμε τα *Out-of-sample* δεδομένα, ενώ στην συνέχεια παρουσιάζονται στην τρίτη στήλη οι αποδόσεις για κάθε Quarter του δείκτη

αντιστοίχισης, ενώ στις δύο επόμενες οι αποδόσεις του χαρτοφυλακίου μας δεδομένου ότι το αναθεωρούμε σε κάθε Quarter, με τη διαδικασία που περιγράφηκε προηγουμένως (*Rebalancing TP*) καθώς και αυτές του χαρτοφυλακίου όπως αυτό προκύπτει εάν πέρα από την αρχική σύνθεση του δεν προχωρήσουμε σε κάποια αναθεώρηση κατά την διάρκεια του έτους (*Buy & Hold TP*). Ο στόχος με την παράθεση των αποδόσεων και των δύο αυτών χαρτοφυλακίων είναι να δώσουμε στον αναγνώστη την δυνατότητα να αξιολογήσει αφενός την επίδοση του μοντέλου που προτείνεται και αφετέρου το κατά πόσο έχει νόημα να προχωρήσει ο επενδυτής σε αναθεωρήσεις του χαρτοφυλακίου του σε τακτά χρονικά διαστήματα, δεδομένου ότι αυτές επιφέρουν σημαντικά κόστη συναλλαγών.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι το χρονικό διάστημα στο οποίο αναφέρεται η κάθε περίοδος είναι διαφορετικό για τα *in-sample* και τα *out-of-sample* δεδομένα. Πιο συγκεκριμένα, για τα *in-sample*, η κάθε περίοδος αναφέρεται στα ιστορικά κλεισίματα των δύο ετών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή ή την αναθεώρηση του χαρτοφυλακίου (π.χ. 1^η περίοδος αντιστοιχεί εδώ σε 01/10/2011 – 31/09/2013), ενώ για τα *out-of-sample* δεδομένα αναφέρεται στο Quarter για το οποίο αξιολογήθηκε η επίδοση του χαρτοφυλακίου (π.χ. 1^η περίοδος αντιστοιχεί εδώ σε 01/10/2013 – 31/12/2013). Σημειώνεται τέλος, ότι για τα στοιχεία των παραμέτρων α , β αλλά και των αποδόσεων κρίθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί ακρίβεια 5 δεκαδικών ψηφίων, ενώ για τα κόστη συναλλαγών ακρίβεια 2 δεκαδικών ψηφίων.

Αναφορικά με το κάτω μισό τμήμα του πίνακα, παρουσιάζουμε ορισμένα στατιστικά στοιχεία τα οποία μπορούν να δώσουν μια πιο εποπτική εικόνα των αποτελεσμάτων στον χρήστη.

Αρχικά, στην πρώτη γραμμή παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των τιμών των παραμέτρων α και β , προκειμένου να εξετάσουμε το κατά πόσο συγκλίνουν στις ιδανικές τιμές, οι οποίες εμφανίζονται μέσα στην παρένθεση για κάθε μια (για την α 0 και για την β 1).

Στην δεύτερη γραμμή, παρουσιάζονται οι ετήσιες αποδόσεις του δείκτη και του χαρτοφυλακίου, τόσο του *rebalancing* όσο και του *buy & hold*, για τις *out-of-sample* περιόδους. Με πράσινο χρώμα είναι χρωματισμένες οι ετήσιες αποδόσεις του χαρτοφυλακίου που αποκλίνει λιγότερο από τον δείκτη που χρησιμοποιείται κάθε φορά, ενώ με κόκκινο είναι χρώμα χρωματίζονται οι αποδόσεις του χαρτοφυλακίου που αποκλίνει περισσότερο. Να σημειωθεί ότι έχουν υπολογιστεί οι γεωμετρικές αποδόσεις των δεδομένων, ώστε να συμβαδίζουν με το θεωρητικό υπόβαθρο του μοντέλου.

Τέλος, στην τρίτη γραμμή παρουσιάζεται τόσο για το *rebalancing* όσο και για το *buy & hold* χαρτοφυλάκιο η τιμή του Σφάλματος Αντιστοίχισης όπως υπολογίστηκε για τα δεδομένα της αντιστοίχισης που προέκυψαν σε εβδομαδιαία συχνότητα. Η θεωρία και ο τύπος για τον υπολογισμό του σφάλματος αντιστοίχισης έχει παρουσιαστεί σε προηγούμενη ενότητα. Σημειώνεται ότι στους πίνακες που αφορούν την Στρατηγική Ενισχυμένης Αντιστοίχισης δεν υπολογίζεται σφάλμα αντιστοίχισης δεδομένου ότι προσπαθούμε να πετύχουμε διαφορετικές αποδόσεις από αυτές του δείκτη οπότε το συγκεκριμένο στατιστικό μέγεθος σφάλματος δεν έχει κάποια σημασία στην περίπτωση αυτή.

Σχετικά με τα διαγράμματα αποτελεσμάτων που ακολουθούν, σημειώνεται ότι η αρίθμηση στον οριζόντιο άξονα (0... 51), αντιπροσωπεύει τον αριθμό της εβδομάδας μέσα στο ημερολογιακό έτος.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ & ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

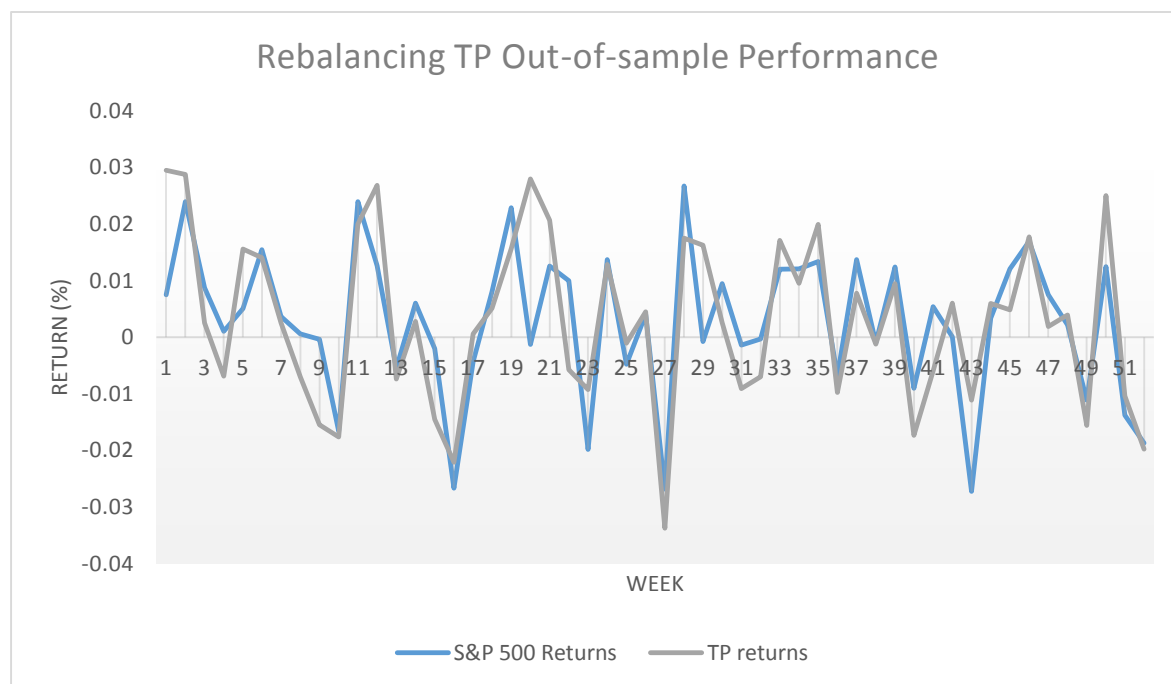
1. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗΣ ΔΕΙΚΤΗ

A. S&P 500 INDEX

Στον πίνακα και το διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αξιολόγησης του χαρτοφυλακίου σε σχέση με το δείκτη S&P 500.

Index	Period	In-sample			Out-of-sample				
		alpha	beta	Transaction Costs (USD)	alpha	beta	Index Returns	Rebalancing TP Returns	Buy & Hold TP Returns
S&P 500	1st	0	1	497.51 \$	-0.00009	1.21261	0.08004	0.08534	0.08534
	2nd	0	1	57.71 \$	0.00144	0.67981	0.01825	0.03118	0.03732
	3rd	0	1	35.18 \$	-0.00209	0.96838	0.06253	0.03343	0.03921
	4th	0	1	32.53 \$	0.00064	0.78128	-0.01998	-0.00729	-0.01486
Average (ideal)		0 (0)	1 (1)		-0.00002 (0)	0.91052 (1)			
Annual Return							14.084 %	14.266 %	14.701 %
Tracking Error								0.91560 %	0.91663 %

Πίνακας 5.4 : Αποτελέσματα μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον S&P 500



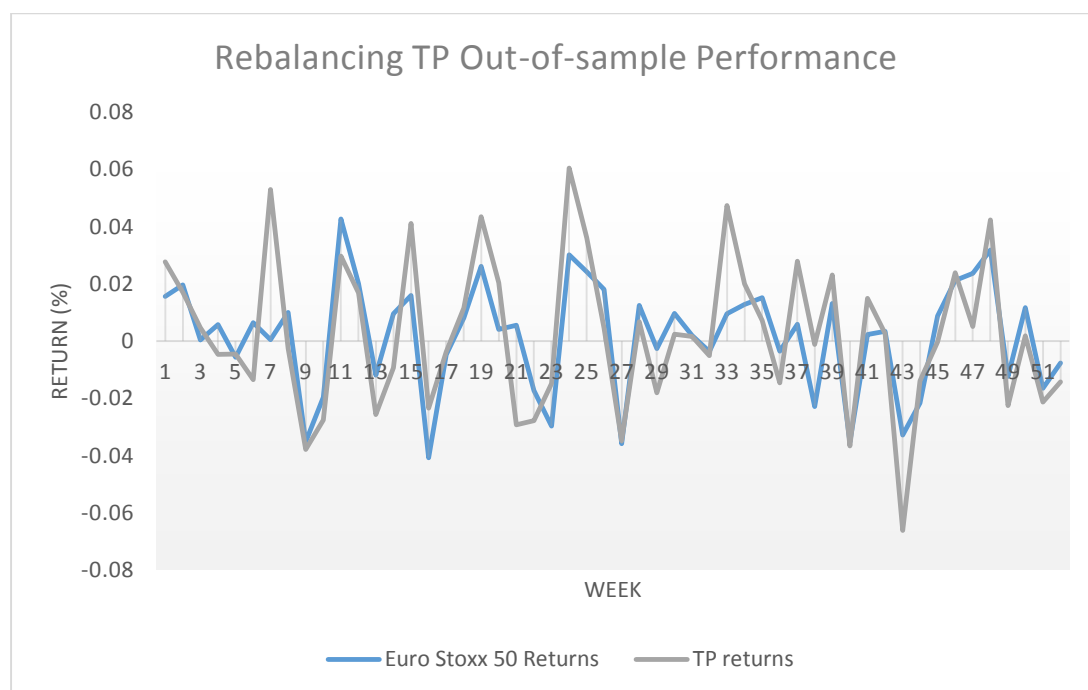
Σχήμα 5.7 : Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον S&P 500

B. EURO STOXX 50 INDEX

Στον πίνακα και το διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αξιολόγησης του χαρτοφυλακίου σε σχέση με το δείκτη Euro Stoxx 50.

Index	Period	In-sample			Out-of-sample				
		<i>alpha</i>	<i>beta</i>	Transaction Costs (EUR)	<i>alpha</i>	<i>beta</i>	Index Returns	Rebalancing TP Returns	Buy & Hold TP Returns
Euro Stoxx 50	1st	0	1	497.51 €	-0.00099	0.93418	0.04869	0.03261	0.03261
	2nd	0	1	32.99 €	0.00437	1.05798	0.04947	0.10913	0.11219
	3rd	0	1	128.63 €	0.00387	0.98436	0.01235	0.06251	0.07908
	4th	0	1	98.6 €	-0.00440	1.16396	-0.02332	-0.08434	-0.07919
Average (ideal)		0 (0)	1 (1)		0.000713 (0)	1.035118 (1)			
Annual Return							8.719 %	11.991 %	14.469 %
Tracking Error								1.64763 %	1.73056 %

Πίνακας 5.5 : Αποτελέσματα μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον Euro Stoxx 50



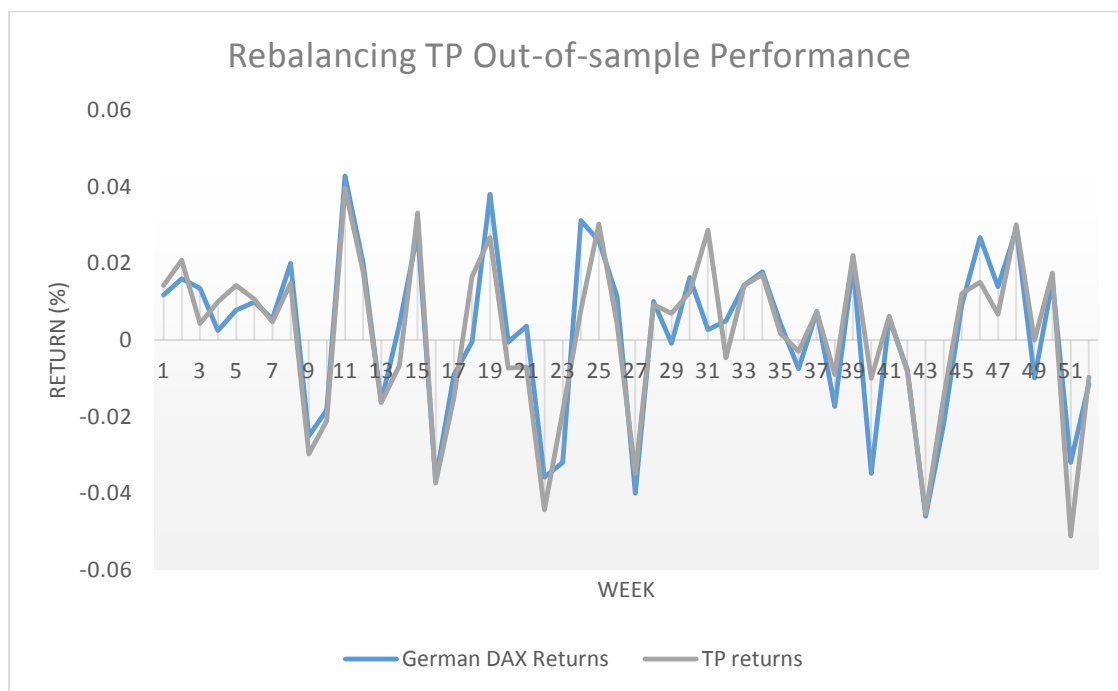
Σχήμα 5.8 : Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον Euro Stoxx 50

C. GERMAN DAX INDEX

Στον πίνακα και το διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αξιολόγησης του χαρτοφυλακίου σε σχέση με το δείκτη German DAX.

Index	Period	In-sample			Out-of-sample				
		<i>alpha</i>	<i>beta</i>	Transaction Costs (EUR)	<i>alpha</i>	<i>beta</i>	Index Returns	Rebalancing TP Returns	Buy & Hold TP Returns
German DAX	1st	0	1	497.51 €	-0.00046	0.99516	0.09001	0.08363	0.08363
	2nd	0	1	66.94 €	-0.00320	0.86936	0.02725	-0.01785	-0.02047
	3rd	0	1	64.05 €	0.00319	0.84479	0.03181	0.06836	0.07471
	4th	0	1	36.69 €	0.00042	0.88405	-0.06470	-0.05179	-0.04781
Average (ideal)		0 (0)	1 (1)		-0.00001 (0)	0.89834 (1)			
Annual Return							8.437 %	8.235 %	9.007 %
Tracking Error								0.90907 %	0.99801 %

Πίνακας 5.6 : Αποτελέσματα μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον German DAX



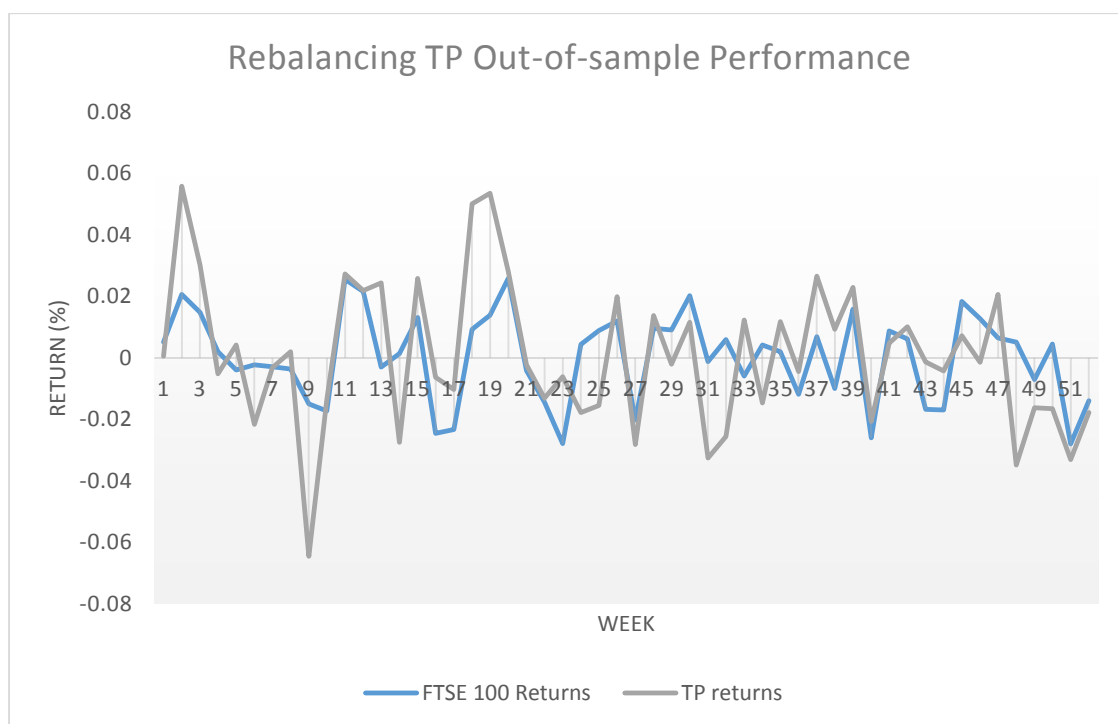
Σχήμα 5.9 : Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον German DAX

D. FTSE 100 INDEX

Στον πίνακα και το διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αξιολόγησης του χαρτοφυλακίου σε σχέση με το δείκτη FTSE 100.

Index	Period	In-sample			Out-of-sample				
		<i>alpha</i> <i>a</i>	<i>beta</i>	<i>Transaction Costs (GBP)</i>	<i>alpha</i>	<i>beta</i>	<i>Index Returns</i>	<i>Rebalancing TP Returns</i>	<i>Buy & Hold TP Returns</i>
FTSE 100	1st	0	1	497.51 £	-0.00092	1.67639	0.04199	0.05848	0.05848
	2nd	0	1	45.64 £	0.00643	0.87111	-0.00523	0.07905	0.07578
	3rd	0	1	133.4 £	-0.00138	0.76092	0.02515	0.00116	0.01628
	4th	0	1	54.66 £	-0.00584	0.58783	-0.04598	-0.10297	-0.09592
<i>Average (ideal)</i>	0 (0)	1 (1)		-0.00043 (0)	0.97406 (1)				
<i>Annual Return</i>						1.593 %	3.572 %	5.462 %	
<i>Tracking Error</i>							1.91265 %	1.88521 %	

Πίνακας 5.7 : Αποτελέσματα μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον FTSE 100



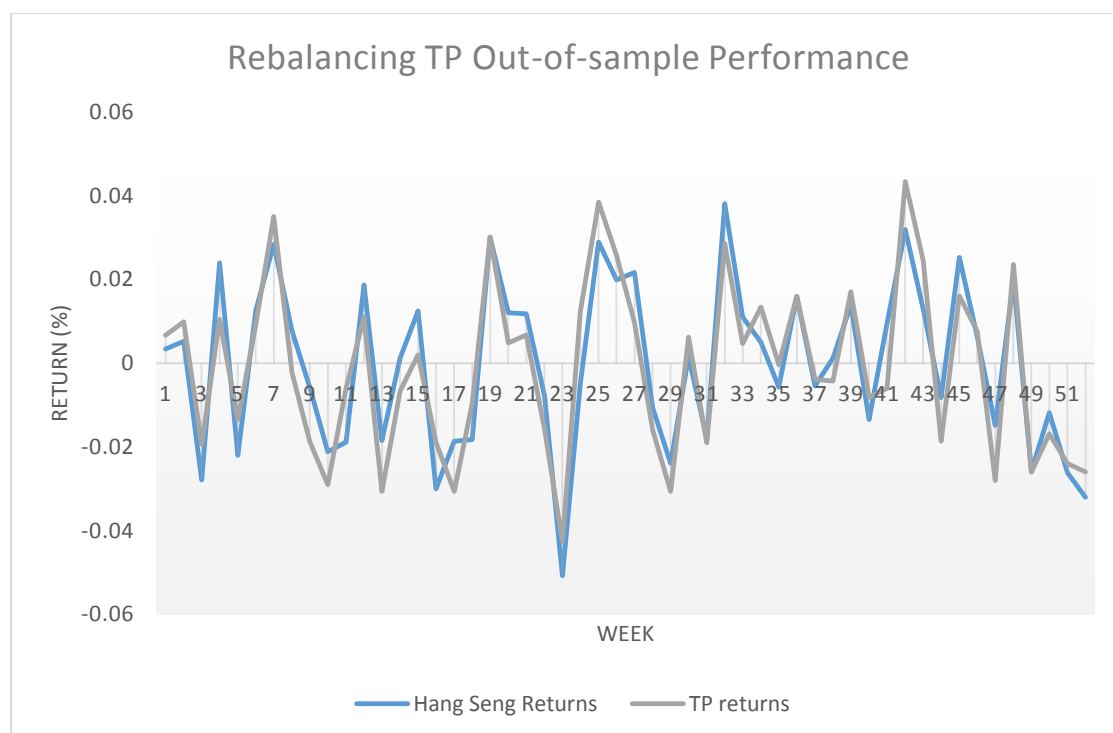
Σχήμα 5.10 : Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον FTSE 100

E. HANG SENG INDEX

Στον πίνακα και το διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αξιολόγησης του χαρτοφυλακίου σε σχέση με το δείκτη Hang Seng.

Index	Period	In-sample			Out-of-sample				
		alpha	beta	Transaction Costs (HKD)	alpha	beta	Index Returns	Rebalancing TP Returns	Buy & Hold TP Returns
Hang Seng	1st	0	1	248.76 \$	-0.00192	0.86703	-0.01398	-0.03711	-0.03711
	2nd	0	1	26.43 \$	0.00067	0.91473	-0.01355	-0.00367	0.00465
	3rd	0	1	10.02 \$	-0.00145	0.90521	0.04501	0.02189	0.02161
	4th	0	1	50.17 \$	-0.00083	1.04127	-0.02640	-0.03829	-0.01481
Average (ideal)		0 (0)	1 (1)		-0.00088 (0)	0.93206 (1)			
Annual Return							-0.892 %	-5.717 %	-2.567 %
Tracking Error								0.85146 %	0.84493 %

Πίνακας 5.8 : Αποτελέσματα μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον Hang Seng



Σχήμα 5.11 : Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης για τον Hang Seng

Με βάση τους πίνακες, τα γραφήματα και τα στατιστικά στοιχεία που παρουσιάστηκαν παραπάνω, είμαστε πλέον σε θέση να αξιολογήσουμε την απόδοση του προτεινόμενου μοντέλου στην περίπτωση της στρατηγικής απλής αντιστοίχισης δείκτη.

Παρατηρώντας, αρχικά, τα αποτελέσματα για τα In-sample data βλέπουμε ότι η υλοποίηση που έχει γίνει λειτουργεί ιδανικά, αφού σε όλες τις περιπτώσεις καταφέρνει δοθέντων όλων των περιορισμών να δίνει στις παραμέτρους alpha και beta του γραμμικού μοντέλου παλινδρόμησης τις ζητούμενες τιμές, 0 και 1 αντίστοιχα. Αυτό σημαίνει ότι με τον γραμμικό προγραμματισμό που επιλύεται καταφέρνουμε να κατασκευάσουμε ένα χαρτοφυλάκιο που να ακολουθεί τέλεια την πορεία των δεδομένων που του έχουμε βάλει σαν είσοδο. Αυτό, μάλιστα, όπως γίνεται αντιληπτό από τα κόστη συναλλαγών που εμφανίζονται στην αντίστοιχη στήλη στους παραπάνω πίνακες το συνδυάζουμε με πολύ χαμηλά κόστη συναλλαγών κάτι το οποίο οφείλεται στο τρίτο στάδιο βελτιστοποίησης που εισαγάγαμε στο μοντέλο μας.

Για τις alpha και beta τιμές του μοντέλου μας για τα Out-of-sample data βλέπουμε ότι σε κάθε περίπτωση οι τιμές προσεγγίζουν τις ιδανικές τιμές 0 και 1. Παρόλα αυτά, παρατηρούμε ότι σε πολλές περιπτώσεις παρατηρούνται αποκλίσεις. Κάτι τέτοιο είναι αναμενόμενο και οφείλεται στο γεγονός ότι ο υπολογισμός των τιμών των παραμέτρων alpha και beta γίνεται για Quarters όπου είναι λογικό να υπάρχουν και ορισμένα φαινόμενα εποχικότητας (seasonality effects) και τα οποία είναι λογικό να αποκλίνουν όταν το χαρτοφυλάκιο είναι κατασκευασμένο με δεδομένα δύο ετών και κοιτάμε την απόκλιση της τάσης από δεδομένα τετράμηνων. Για τον λόγο αυτόν πολύ πιο αντιπροσωπευτικά μεγέθη της επίδοσης του μοντέλου είναι αυτά που φαίνονται στο κάτω μισό του πίνακα, δηλαδή ο μέσος όρος των τιμών των alpha και beta παραμέτρων καθώς και οι τιμές που αντιστοιχούν σε αυτές που προέκυψαν όταν εφαρμόσαμε το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης στα συνολικά out-of-sample data ολόκληρου του έτους αξιολόγησης. Αυτές οι τιμές είναι προφανές ότι συγκλίνουν τόσο μεταξύ τους όσο και στις ιδανικές τιμές ιδιαίτερα αποδεικνύοντας την επιτυχία του μοντέλου στο αντικείμενο τις βελτιστοποίησης. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζουμε τις τιμές αυτές για όλους τους δείκτες συνολικά καθώς και τον συνολικό μέσο όρο αυτών, επιβεβαιώνοντας όσα προαναφέρθηκαν για την επιτυχία του προτεινόμενου μοντέλου.

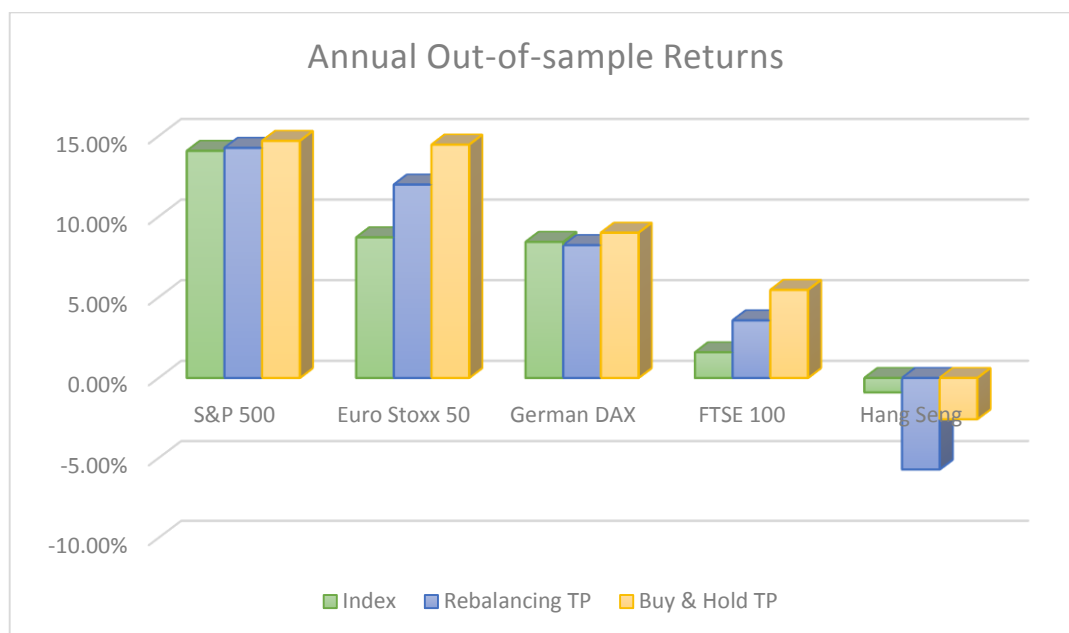
Index	Averages		Annual Out-of-sample Data	
	<i>alpha</i>	<i>beta</i>	<i>alpha</i>	<i>beta</i>
S&P 500	-0.00002	0.91052	0.000366	0.87778
Euro Stoxx 50	0.00071	1.03512	0.000527	1.06087
German DAX	-0.00001	0.89834	0.000135	0.89291
FTSE 100	-0.00043	0.97406	0.00039	0.97046
Hang Seng	-0.00088	0.93206	-0.00094	0.93436
Average	-0.00013	0.95002	0.00009	0.94728
<i>(ideal)</i>	<i>(0)</i>	<i>(1)</i>	<i>(0)</i>	<i>(1)</i>

Πίνακας 5.9 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για παραμέτρους παλινδρόμησης του μοντέλο στρατηγικής αντιστοίχισης

Αναφορικά με τις αποδόσεις των χαρτοφυλακίων, τόσο με την στρατηγική της αναθεώρησης όσο και χωρίς αυτήν, συνοψίζουμε τα αποτελέσματα στον

παρακάτω εκθέματα προτού προχωρήσουμε σε μια ποιοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Στο ιστόγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται με συγκριτική παράθεση οι ετήσιες αποδόσεις σε out-of-sample data των δύο χαρτοφυλακίων καθώς και του δείκτη, για όλους τους εξεταζόμενους δείκτες.



Σχήμα 5.12 : Γραφική παράσταση συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζουμε πέρα από την σύνοψη και συγκέντρωση των αποτελεσμάτων τις αποκλίσεις των δύο χαρτοφυλακίων από τις αποδόσεις του δείκτη καθώς και τον μέσο όρο των αποκλίσεων προκειμένου να δούμε εάν σε όρους αποδόσεων το μοντέλο μας πετυχαίνει τον στόχο του να ακολουθήσει τον εκάστοτε δείκτη.

Index	Annual Out-of-sample Returns data			Deviation from Desired TP Returns	
	Index	Rebalancing TP	Buy & Hold TP	Rebalancing TP	Buy & Hold TP
S&P 500	14.084 %	14.266 %	14.701 %	0.182 %	0.617 %
Euro Stoxx 50	8.719 %	11.991 %	14.469 %	3.272 %	5.750 %
German DAX	8.437 %	8.235 %	9.007 %	-0.202 %	0.570 %
FTSE 100	1.593 %	3.572 %	5.462 %	1.979 %	3.869 %
Hang Seng	-0.892 %	-5.717 %	-2.567 %	-4.825 %	-1.675 %
<i>Average (ideal)</i>	—	—	—	0.081 % (0)	1.826 % (0)

Πίνακας 5.10 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για αποδόσεις χαρτοφυλακίων του μοντέλου στρατηγικής αντιστοίχισης

Από τον παραπάνω πίνακα γίνεται ξεκάθαρη η αξιοπιστία του μοντέλου που προτάθηκε για το πρόβλημα της αντιστοίχισης δείκτη, αφού βλέπουμε ότι η μέση τιμή των αποκλίσεων των δύο χαρτοφυλακίων είναι 0.081% και 1.826%

αντίστοιχα. Αυτές οι τιμές, ωστόσο, ενισχύουν και την αντίληψη ότι η αναθεώρηση του χαρτοφυλακίου, παρά τα κόστη συναλλαγών που επιφέρει, έχει σημαντικά καλύτερη επίδοση από ότι η τεχνική κατασκευής και διακράτησης του ίδιου χαρτοφυλακίου.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι αποκλίσεις που εμφανίζουν τα χαρτοφυλάκια από τον εκάστοτε δείκτη είναι πλήρως αναμενόμενες και οφείλονται στην φύση των αγορών, η οποία είναι αυτές να επηρεάζονται από ποικίλους εξωγενείς και ενδογενείς παράγοντες και γεγονότα τα οποία και καθιστούν δύσκολο τον προσδιορισμό και την εκτίμηση της πορείας τους εκ των προτέρων.

Σχετικά με τους χρόνους εκτέλεσης των προσομοιώσεων, δεν θεωρήθηκε σκόπιμο να παρουσιαστούν στα παραπάνω διαγράμματα γιατί ήταν στατιστικά ασήμαντοι. Χάρη στην τεράστια υπολογιστική ισχύ των σύγχρονων υπολογιστικών συστημάτων καμία από τις παραπάνω προσομοιώσεις που εκτελέστηκαν δεν διήρκησε παραπάνω από 30'' (δευτερόλεπτα). Αντιθέτως, σημαντικός χρόνος απαιτείται για την λήψη των συστατικών των δεικτών και των ιστορικών κλεισιμάτων τόσο των δεικτών όσο και των μετοχών. Στην χειρότερη περίπτωση, αυτή για τον S&P 500 και για λήψη ιστορικών δεδομένων 3 ετών, απαιτήθηκε χρόνος περίπου 2' (λεπτών).

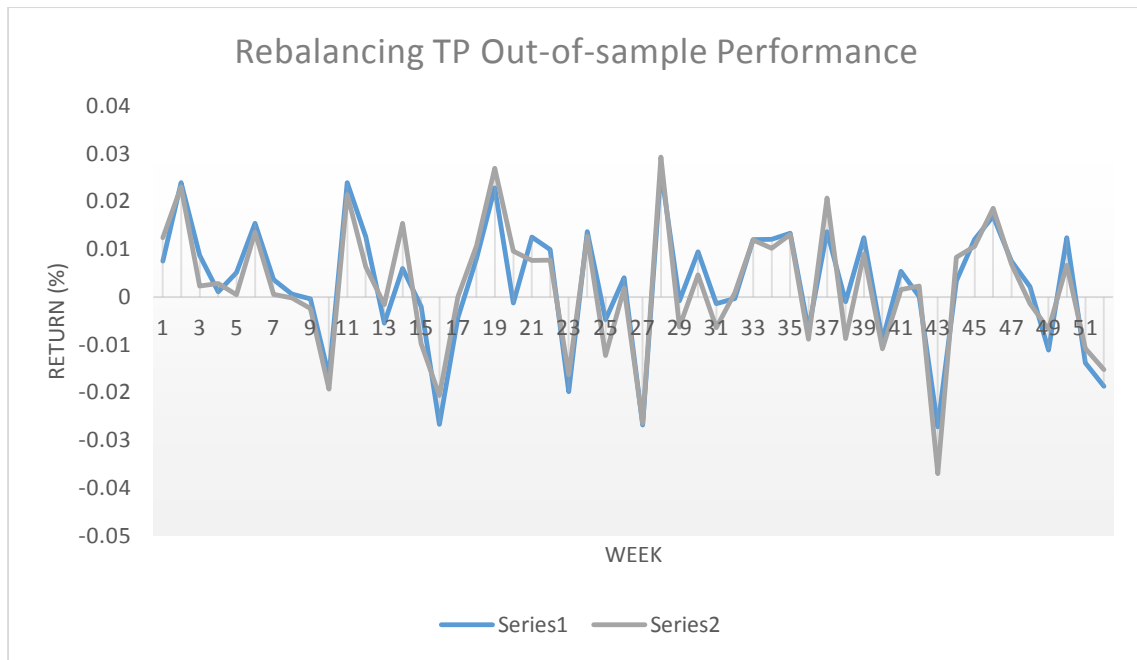
2. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗΣ ΔΕΙΚΤΗ

A. S&P 500 INDEX

Στον πίνακα και το διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αξιολόγησης του χαρτοφυλακίου σε σχέση με το δείκτη S&P 500.

Index	Period	In-sample			Out-of-sample				
		<i>alpha</i>	<i>beta</i>	<i>Transaction Costs (EUR)</i>	<i>alpha</i>	<i>beta</i>	<i>Index Returns</i>	<i>Rebalancing TP Returns</i>	<i>Buy & Hold TP Returns</i>
<i>S&P 500</i>	<i>1st</i>	0.00058	1	497.51 \$	-0.00122	0.94069	0.08004	0.05941	0.05941
	<i>2nd</i>	0.00058	1	40.78 \$	0.00129	0.92255	0.01825	0.03732	0.03365
	<i>3rd</i>	0.00058	1	36.96 \$	-0.00189	1.08058	0.06253	0.039211	0.04297
	<i>4th</i>	0.00058	1	28.26 \$	-0.00052	1.01790	-0.01998	-0.01486	-0.02713
<i>Average (ideal)</i>		0.00058 (0.00058)	1 (1)		-0.00058 (0.00058)	0.99043 (1)			
<i>Annual Return</i>							14.084 %	12.110 %	10.890 %

Πίνακας 5.11 : Αποτελέσματα μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον S&P 500



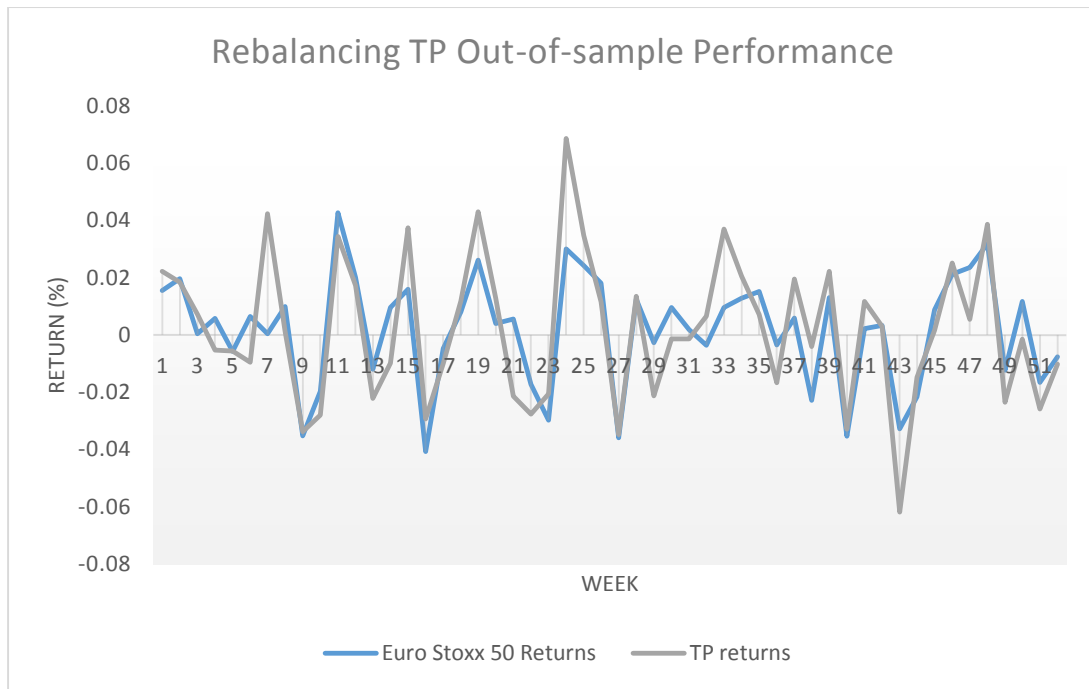
Σχήμα 5.13 : Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον S&P 500

B. EURO STOXX 50 INDEX

Στον πίνακα και το διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αξιολόγησης του χαρτοφυλακίου σε σχέση με το δείκτη Euro Stoxx 50.

Index	Period	In-sample			Out-of-sample				
		<i>alpha</i>	<i>beta</i>	<i>Transaction Costs (EUR)</i>	<i>alpha</i>	<i>beta</i>	<i>Index Returns</i>	<i>Rebalancing TP Returns</i>	<i>Buy & Hold TP Returns</i>
Euro Stoxx 50	1st	0.00058	1	497.51 €	-0.00050	0.93821	0.04869	0.03924	0.03924
	2nd	0.00058	1	47.90 €	0.00329	1.19082	0.04947	0.10171	0.11219
	3rd	0.00058	1	125.85 €	0.00271	0.96318	0.01235	0.04718	0.07908
	4th	0.00058	1	109.86 €	-0.00451	1.10854	-0.02332	-0.08450	-0.07919
<i>Average (ideal)</i>		0.00058 (0.00058)	1 (1)		0.00025 (0.00058)	1.05019 (1)			
<i>Annual Return</i>							8.719 %	10.363 %	15.132 %

Πίνακας 5.12 : Αποτελέσματα μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον Euro Stoxx 50



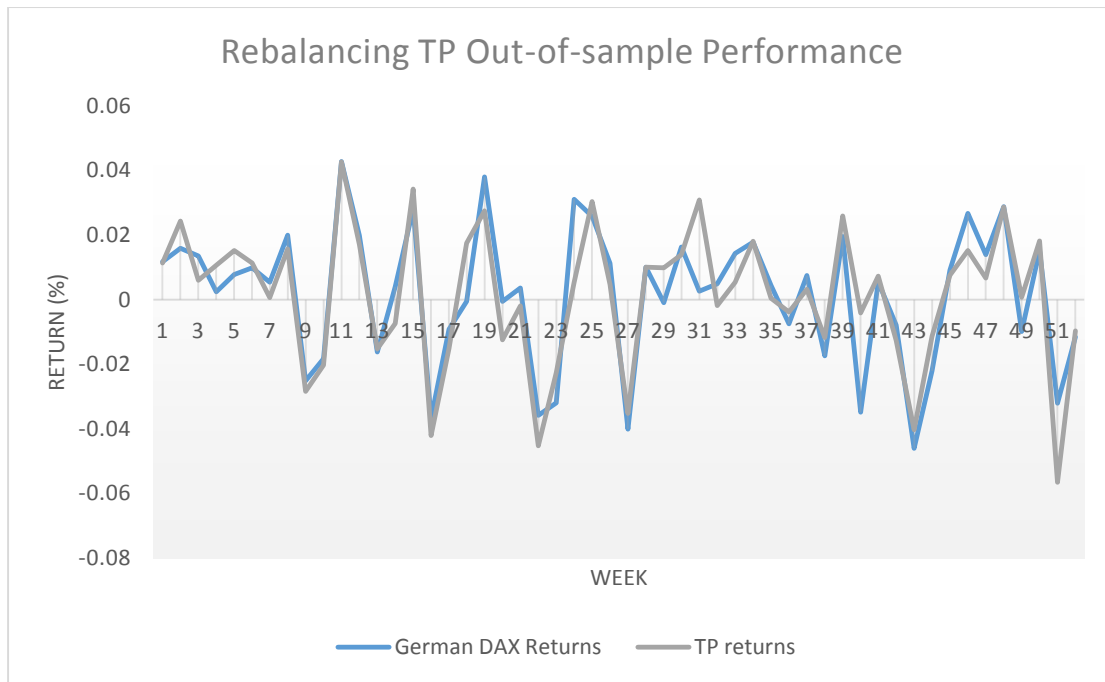
Σχήμα 5.14 : Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον Euro Stoxx 50

C. GERMAN DAX INDEX

Στον πίνακα και το διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αξιολόγησης του χαρτοφυλακίου σε σχέση με το δείκτη German DAX.

Index	Period	In-sample			Out-of-sample				
		<i>alpha</i>	<i>beta</i>	Transaction Costs (EUR)	<i>alpha</i>	<i>beta</i>	Index Returns	Rebalancing TP Returns	Buy & Hold TP Returns
German DAX	1st	0.00058	1	497.51 €	0.00005	1.01053	0.09001	0.09163	0.09163
	2nd	0.00058	1	76.30 €	-0.00399	0.91601	0.02725	-0.02691	-0.02047
	3rd	0.00058	1	80.99 €	0.00293	0.86106	0.03181	0.06545	0.07471
	4th	0.00058	1	35.71 €	0.00030	0.82965	-0.06470	-0.04974	-0.04781
Average (ideal)		0.00058 (0.00058)	1 (1)		-0.00018 (0.00058)	0.90431 (1)			
Annual Return							8.437 %	8.043 %	9.806 %

Πίνακας 5.13 : Αποτελέσματα μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον German DAX



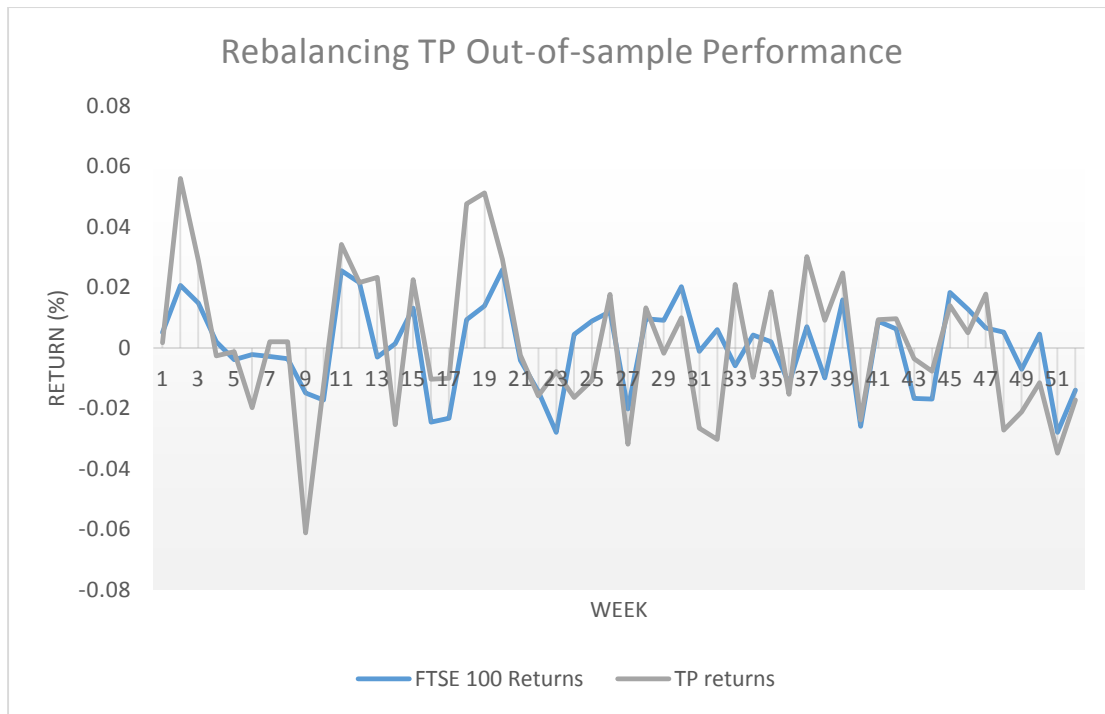
Σχήμα 5.15 : Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον German DAX

D. FTSE 100 INDEX

Στον πίνακα και το διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αξιολόγησης του χαρτοφυλακίου σε σχέση με το δείκτη FTSE 100.

Index	Period	In-sample			Out-of-sample				
		<i>alpha</i>	<i>beta</i>	<i>Transaction Costs (GBP)</i>	<i>alpha</i>	<i>beta</i>	<i>Index Returns</i>	<i>Rebalancing TP Returns</i>	<i>Buy & Hold TP Returns</i>
FTSE 100	1st	0.00058	1	497.51 £	0.00008	1.70022	0.04199	0.07250	0.07250
	2nd	0.00058	1	57.77 £	0.00571	0.90967	-0.00523	0.06950	0.06510
	3rd	0.00058	1	101.76 £	-0.00078	0.85521	0.02515	0.01131	0.01142
	4th	0.00058	1	51.67 £	-0.00421	0.79614	-0.04598	-0.09132	-0.08181
<i>Average (ideal)</i>		0.00058 (0.00058)	1 (1)		0.00020 (0.00058)	1.06531 (1)			
<i>Annual Return</i>							1.593 %	6.198 %	6.721 %

Πίνακας 5.14 : Αποτελέσματα μοντέλου για στρατηγική ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον FTSE 100



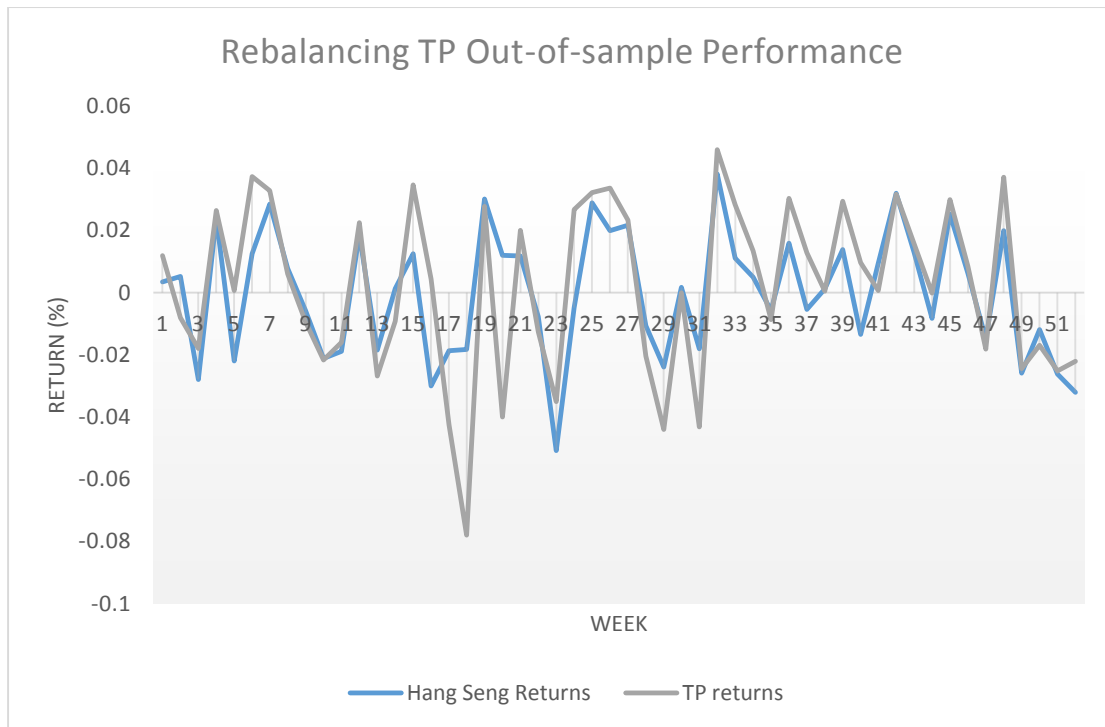
Σχήμα 5.16 : Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον FTSE 100

E. HANG SENG INDEX

Στον πίνακα και το διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αξιολόγησης του χαρτοφυλακίου σε σχέση με το δείκτη Hang Seng.

Index	Period	In-sample			Out-of-sample				
		alpha	beta	Transaction Costs (HKD)	alpha	beta	Index Returns	Rebalancing TP Returns	Buy & Hold TP Returns
Hang Seng	1st	0.00058	1	497.51 \$	0.00399	0.98260	-0.01398	0.03808	0.03808
	2nd	0.00058	1	108.88 \$	-0.0019	0.94109	-0.01355	0.00465	-0.03759
	3rd	0.00058	1	54.13 \$	-0.00014	1.54820	0.04501	0.02161	0.06786
	4th	0.00058	1	103.75 \$	0.00402	0.97623	-0.02640	-0.01481	0.02653
Average (ideal)		0.00058 (0.00058)	1 (1)		0.00149 (0.00058)	1.11203 (1)			
Annual Return							-0.892 %	4.95%	9.49 %

Πίνακας 5.15 : Αποτελέσματα μοντέλου για στρατηγική ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον Hang Seng



Σχήμα 5.17 : Γραφική παράσταση αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης για τον Hang Seng

Με βάση τους πίνακες, τα γραφήματα και τα στατιστικά στοιχεία που παρουσιάστηκαν προηγουμένως, είμαστε σε θέση να αξιολογήσουμε την επίδοση της προτεινόμενης μεθοδολογίας στην περίπτωση της στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης δείκτη.

Παρατηρώντας, αρχικά, τα αποτελέσματα για τα In-sample data βλέπουμε ότι η υλοποίηση που έχει γίνει λειτουργεί ιδανικά, όπως και προηγουμένως, αφού σε όλες τις περιπτώσεις καταφέρνει δοθέντων όλων των περιορισμών να δίνει στις παραμέτρους alpha και beta του γραμμικού μοντέλου παλινδρόμησης τις ζητούμενες τιμές, 0.00058 και 1 αντίστοιχα. Αυτό, όπως και προηγουμένως, το πετυχαίνουμε σε συνδυασμό με πολύ χαμηλά κόστη συναλλαγών όπως παρατηρείται από τις σχετικές τιμές που παρουσιάζονται στους πίνακες.

Για τις alpha και beta τιμές του μοντέλου μας για τα Out-of-sample data βλέπουμε ότι σε κάθε περίπτωση οι τιμές προσεγγίζουν τις ιδανικές τιμές 0 και 1. Παρόλα αυτά, παρατηρούμε ότι σε πολλές περιπτώσεις παρατηρούνται σημαντικές αποκλίσεις, οι οποίες εξηγούνται όπως και προηγουμένως στην περίπτωση του μοντέλου για την στρατηγική αντιστοίχισης δείκτη.

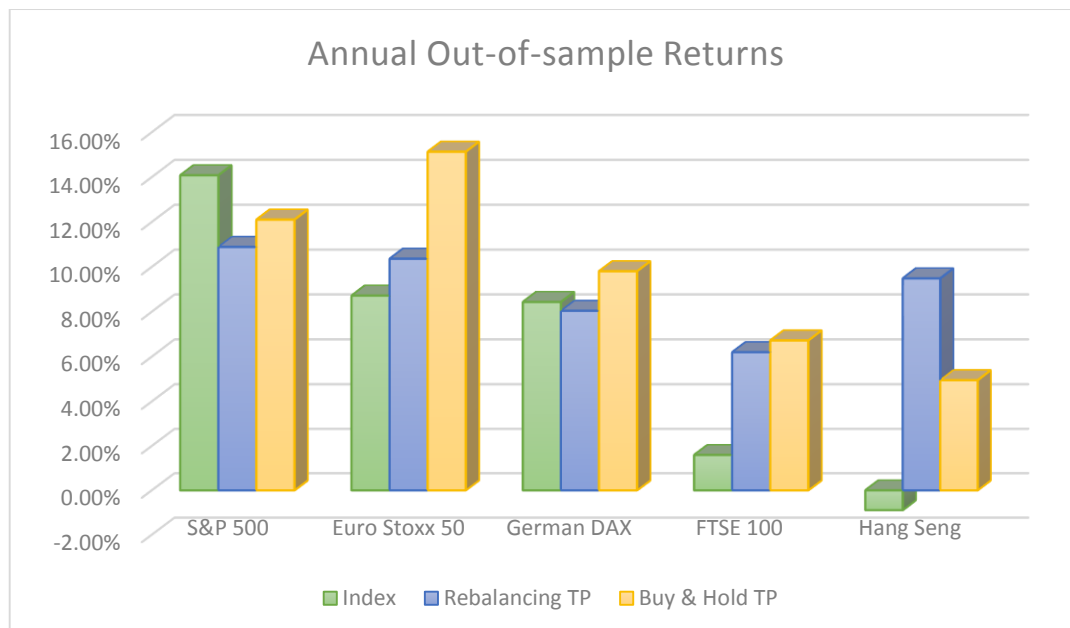
Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζουμε τις τιμές αυτές τον συνολικό μέσο όρο αυτών καθώς και τις τιμές που προέκυψαν για τα alpha και beta όταν εφαρμόσαμε το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης στα συνολικά out-of-sample data ολόκληρου του έτους αξιολόγησης.

Index	Averages		Annual Out-of-sample Data	
	<i>alpha</i>	<i>beta</i>	<i>alpha</i>	<i>beta</i>
S&P 500	-0.00058	0.99043	-0.00056	0.98128
Euro Stoxx 50	0.00025	1.05019	0.00018	1.08292
German DAX	-0.00018	0.90431	0.00009	0.89821
FTSE 100	0.00020	1.06531	0.00087	1.06038
Hang Seng	0.00149	1.11203	0.00200	1.06139
<i>Average (ideal)</i>	0.00024 (0.00058)	1.02445 (1)	0.00052 (0.00058)	1.01684 (1)

Πίνακας 5.16 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για παραμέτρους παλινδρόμησης του μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης

Παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα ότι παρά τις αποκλίσεις που εμφανίζουν οι επιμέρους δείκτες, και οι οποίες συμβαδίζουν με τη φύση των αγορών και την πορεία τους την εξεταζόμενη χρονική περίοδο, οι μέσες τιμές συγκλίνουν σε πολύ μεγάλο βαθμό στις ζητούμενες τιμές, κάτι που επιβεβαιώνει και την ορθή λειτουργία του μοντέλου και το γεγονός ότι πετυχαίνει το στόχο της αντικειμενικής του μοντέλου βελτιστοποίησης.

Αναφορικά με τις αποδόσεις των χαρτοφυλακίων, τόσο με την στρατηγική της αναθεώρησης όσο και χωρίς αυτήν, συνοψίζουμε τα αποτελέσματα στον παρακάτω εκθέματα προτού προχωρήσουμε σε μια ποιοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων. Στο ιστόγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται με συγκριτική παράθεση οι ετήσιες αποδόσεις σε out-of-sample data των δύο χαρτοφυλακίων καθώς και του δείκτη, για όλους τους εξεταζόμενους δείκτες.



Σχήμα 5.18 : Γραφική παράσταση συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζουμε, όπως και προηγουμένως, πέρα από την σύνοψη και συγκέντρωση των αποτελεσμάτων, τις αποκλίσεις των δύο χαρτοφυλακίων από τις αποδόσεις του δείκτη, όπως αυτή διαμορφώνεται εάν της προσθέσουμε τον όρο της επιπρόσθετης απόδοσης που ζητάμε από το χαρτοφυλάκιο μας στα πλαίσια την ενισχυμένης αντιστοίχισης δείκτη.

Index	Annual Out-of-sample Returns Data			Deviation from Desired TP Returns	
	Index	Rebalancing TP	Buy & Hold TP	Rebalancing TP	Buy & Hold TP
S&P 500	14.084 %	12.107 %	10.890 %	-4.977 %	6.193 %
Euro Stoxx 50	8.719 %	10.363 %	15.132 %	-1.355 %	3.413 %
German DAX	8.437 %	8.043 %	9.806 %	-3.393 %	-1.630 %
FTSE 100	1.593 %	6.198 %	6.721 %	1.605 %	2.128 %
Hang Seng	-0.892 %	4.952 %	9.4487 %	2.844 %	7.380 %
<i>Average (Ideal)</i>	—	—	—	-0.05276 % (0)	0.05098 % (0)

Πίνακας 5.17 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για αποδόσεις χαρτοφυλακίων του μοντέλου στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης

Από τον παραπάνω πίνακα γίνεται αντιληπτή η αξιοπιστία του προτεινόμενου μοντέλου για την στρατηγική της ενισχυμένης αντιστοίχισης. Αξίζει ωστόσο να αναφερθεί στο σημείο αυτό, ότι παρόλο που από πλευράς μέσης τιμής αποτελεσμάτων η στρατηγική αγοράς και διακράτησης φαίνεται, έστω και λίγο αποδοτικότερη στην πραγματικότητα, ξεετάζοντας την τυπική απόκλιση (standard deviation) των τιμών των αποδόσεων για τα δύο χαρτοφυλάκια παρατηρούμε ότι αυτή του χαρτοφυλακίου που υφίσταται αναθεώρηση είναι 0.02940, ενώ του άλλου είναι 0.04614. Η σημαντική αυτή διαφορά που παρατηρείται είναι ενδεικτική της πολύ καλύτερης απόδοσης της μεθόδου που περιλαμβάνει την τακτική αναθεώρηση του χαρτοφυλακίου του χρήστη.

Οι αποκλίσεις που παρατηρούνται ανάμεσα στις τιμές των δεικτών και των χαρτοφυλακίων οφείλονται, εν μέρει, όπως και στην περίπτωση της στρατηγικής αντιστοίχισης δείκτη, στη φύση των αγορών που επηρεάζονται από ποικίλους παράγοντες – οικονομικούς, πολιτικούς, κοινωνικούς – και συνεπώς είναι δύσκολο να προβλεφθούν αποκλειστικά μέσω τεχνικών αναλύσεων και εργαλείων. Παρόλα αυτά, στην περίπτωση του μοντέλου αυτού, οι αποκλίσεις μπορεί να οφείλονται και στο γεγονός ότι μέσω του μοντέλου της γραμμικής παλινδρόμησης, ο αλγόριθμος αναζητεί μετοχές οι οποίες σταθερά ξεπερνούν σε απόδοση τον δείκτη της εκάστοτε αγοράς. Αυτό, εξορισμού, είναι δύσκολο μακροπρόθεσμα και επομένως είναι αναμενόμενο να υπάρχουν σχετικά μεγάλες αποκλίσεις από τις επιθυμητές αποδόσεις.

Οι χρόνοι εκτέλεσης των προσομοιώσεων καθώς και της λήψης των συστατικών των δεικτών και των ιστορικών κλεισμάτων είναι αντίστοιχοι με αυτούς στην περίπτωση της στρατηγικής αντιστοίχισης δείκτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η μεταβλητότητα των τιμών των μετοχικών τίτλων, καθώς και η προσέγγιση μέσω αποκλειστικά τεχνικής ανάλυσης, εκτοξεύει την αβεβαιότητα, η οποία είναι έμφυτη στη διαδικασία διαχείρισης μετοχικών χαρτοφυλακίων. Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση των παθητικών στρατηγικών διαχείρισης όπου ζητούμενο είναι η όσο το δυνατόν πιο ακριβής προσέγγιση των αποδόσεων κάποιου δείκτη, η μεταβλητότητα κάνει το πρόβλημα βελτιστοποίησης περισσότερο πολύπλοκο. Για τον λόγο αυτόν, η βελτιστοποίηση παθητικών χαρτοφυλακίων απαιτεί τον αδιάλειπτο έλεγχο του επενδυτή, ώστε να αποφευχθούν σφάλματα και αποκλίσεις από τους επενδυτικούς στόχους που έχουν τεθεί.

Σε προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκε το θεωρητικό υπόβαθρο και η μεθοδολογία του μοντέλου, πάνω στο οποίο βασίστηκε το πληροφοριακό σύστημα, καθώς και το ίδιο το πληροφοριακό σύστημα που αναπτύξαμε και το οποίο έχει σαν στόχο τη σύνθεση και την αναπροσαρμογή χαρτοφυλακίου αντιστοίχισης που να ικανοποιεί τις επιλογές του εκάστοτε χρήστη – επενδυτή. Έπειτα, παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα της εκτέλεσης του προγράμματος για 5 διαφορετικούς δείκτες καθώς και η σχετική παραμετροποίηση, ενώ με βάση αυτά καταλήξαμε στην επιβεβαίωση της αξιοπιστίας του μοντέλου, χωρίς ωστόσο να προσπεράσουμε το γεγονός ότι ορισμένοι δείκτες εμφάνισαν σημαντικές αποκλίσεις από το ζητούμενο στόχο κάτι το οποίο συνδέεται άμεσα με την έμφυτη μεταβλητότητα των μετοχών και κατά επέκταση και των χρηματιστηριακών δεικτών.

6.2 ΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Η προτεινόμενη μεθοδολογία παρά τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει, τα κυριότερα εκ των οποίων είναι η επίδοση της στην προσέγγιση των αποδόσεων του εκάστοτε δείκτη, ο ελάχιστος χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση της βελτιστοποίησης καθώς και η δυνατότητα, λόγω της έκφρασης του προβλήματος σε μορφή γραμμικού προγραμματισμού, να προσθαφαιρούμε εύκολα περιορισμούς, εμφανίζει και ορισμένα μειονεκτήματα τα οποία κρίθηκε απαραίτητο να αναφερθούν.

Ένα αρχικό μειονέκτημα είναι ότι στην προσπάθεια να διατυπώσουμε το πρόβλημα του προγραμματισμού σε γραμμική μορφή για να είναι επιλύσιμο, χρειάστηκε, όπως αναφέρθηκε και στο 3^ο Κεφάλαιο, να προσεγγίσουμε την

απόδοση του χαρτοφυλακίου μέσω των επιμέρους αποδόσεων των μετοχών. Αυτό έχει σαν επίπτωση να μην είμαστε τελείως ακριβής στην διαδικασία μας, με αποτέλεσμα να έχουμε αύξηση στην απόκλιση των αποδόσεων του χαρτοφυλακίου μας σε σχέση με τις αποδόσεις του εκάστοτε δείκτη. Πιο συγκεκριμένα, είναι δυνατόν να αποδειχθεί (δεδομένου ότι ξοδέψαμε $g * C$ σε κόστη συναλλαγών) ότι η μέση απόδοση από αυτήν την προσέγγιση $[\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N w_i * r_{it}/T]$ είναι μια υπερεκτίμηση την μέση απόδοση του χαρτοφυλακίου αντιστοίχισης που συνθέτουμε $[\sum_{t=1}^T \ln(\sum_{i=1}^N x_i * V_{it} / \sum_{i=1}^N x_i * V_{it-1})/T]$.

Ένα άλλο μειονέκτημα της παρούσας μεθοδολογίας είναι το γεγονός ότι, προκειμένου να διευκολύνουμε την διαδικασία, επιτρέπουμε στις μεταβλητές x_i να λαμβάνουν δεκαδικές τιμές κάτι το οποίο δεν ανταποκρίνεται σε πραγματικές συνθήκες και επομένως τα χαρτοφυλάκια που προκύπτουν δεν είναι συνήθως υλοποιήσιμα σε πραγματικές αγορές. Η διαδικασία θα μπορούσε να προσαρμοστεί στις συνθήκες αυτές και να επιτρέπει στις συγκεκριμένες μεταβλητές να λαμβάνουν μονάχα ακέραιες τιμές, αλλά σε αυτήν την περίπτωση λόγω του τεράστιου όγκου των δεδομένων η βελτιστοποίηση θα καθυστερούσε σημαντικά. Επιπλέον, η ακρίβεια της οποία στερούμαστε δεν είναι σημαντική δεδομένου ότι τα χρηματικά ποσά που εμπλέκονται είναι πολύ μεγάλα. Για αυτόν τον λόγο επιλέχθηκε να προχωρήσουμε με την υπάρχουσα υλοποίηση και να μην εφαρμόσουμε επιπλέον περιορισμούς.

Ένα τελευταίο και σημαντικό μειονέκτημα που εντοπίζεται στην διαδικασία, προκύπτει από την χρήση του μοντέλου της γραμμικής παλινδρόμησης για την βελτιστοποίηση. Πιο συγκεκριμένα, δεδομένου ότι η γραμμική παλινδρόμηση δεδομένου ότι η γραμμική παλινδρόμηση εκφράζει την σχέση ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες παραμέτρους και δεδομένου ότι οι σχέσεις αυτές μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου, αναμένουμε να απαιτούνται σχετικά συχνές αναθεωρήσεις στο χαρτοφυλάκιο μας προκειμένου να διατηρήσουμε σε χαμηλά επίπεδα τις αποκλίσεις από τις επιθυμητές αποδόσεις. Επιπλέον, γίνεται αντιληπτό, δεδομένου ότι μιλάμε για κλίση και τεταγμένης μιας χρονοσειράς, ότι μεμονωμένες ακραίες τιμές για τις αποδόσεις του δείκτη, επηρεάζουν την σύσταση του χαρτοφυλακίου που κατασκευάζεται κάτι το οποίο δεν είναι επιθυμητό στις περισσότερες των περιπτώσεων.

6.3 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ – ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Με βάση τα όσα προαναφέρθηκαν, θα μπορούσαμε να διακρίνουμε τις μελλοντικές προοπτικές και επεκτάσεις που διαφαίνονται σε δύο επιμέρους κατευθύνσεις. Αυτή της επέκτασης του προτεινόμενου θεωρητικού μοντέλου και αυτής που αφορά το ολοκληρωμένο πληροφοριακό σύστημα που αναπτύχθηκε.

Σχετικά με τις επεκτάσεις που αφορούν το μοντέλο της βελτιστοποίησης, τόσο αυτό της Στρατηγική Αντιστοίχισης Δείκτη όσο και αυτό της Στρατηγικής Ενισχυμένης Αντιστοίχισης Δείκτη, πολύ σημαντική είναι η δυνατότητα εύκολης προσθήκης επιπλέον περιορισμών και παραμέτρων στην προβληματική. Έχοντας διατυπώσει το πρόβλημα στη βάση γραμμικού προγραμματισμού, μας δίνεται η

δυνατότητα να το προσαρμόζουμε κάθε φορά στην πρακτική περίπτωση αλλάζοντας τους επιβαλλόμενους περιορισμούς. Ορισμένες προτάσεις περιορισμών οι οποίες μπορούν να διατυπωθούν σε γραμμική μορφή και που θα μπορούσαν να επεκτείνουν το μοντέλο και να δώσουν περισσότερες επιλογές στον επενδυτή είναι οι ακόλουθες:

- Σταθερά κόστη συναλλαγών, όπου ανεξαρτήτως της μεταβολής στον αριθμό των μονάδων που διατηρούμε στο χαρτοφυλάκιο από μια μετοχή, το κόστος που υπεισέρχεται είναι σταθερό.
- Περιορισμοί κλάδων, όπου θα μπορούμε να θέσουμε άνω και κάτω όρια του ποσοστού του συνολικού κεφαλαίου που επιτρέπουμε να επενδυθεί στον κάθε κλάδο. Για τον σκοπό αυτόν, ωστόσο, απαιτείται πέρα από την προσαρμογή του μοντέλου, η εύρεση της πληροφορίας για την κατηγοριοποίηση των μετοχών σε κλάδους κάτι το οποίο μπορεί να παρουσιάσει σημαντικές δυσκολίες.
- Πολλοί περιορισμοί μεγεθών, όπως για παράδειγμα είναι οι ακόλουθοι:
 - όπου το πλήθος των μετοχών $[x_i]$ που διατηρούνται από κάθε μετοχή πρέπει να είναι πολλαπλάσιο μιας δεδομένης σταθεράς,
 - όπου η μεταβολή στο πλήθος των μετοχών που διατηρούνται στο χαρτοφυλάκιο $[|X_i - x_i|]$ πρέπει να είναι πολλαπλάσιο μιας δεδομένης σταθεράς.

Αναφορικά με τις δυνατότητες επέκτασης του πληροφοριακού συστήματος που διαφαίνονται αναφέρουμε χαρακτηριστικά δύο:

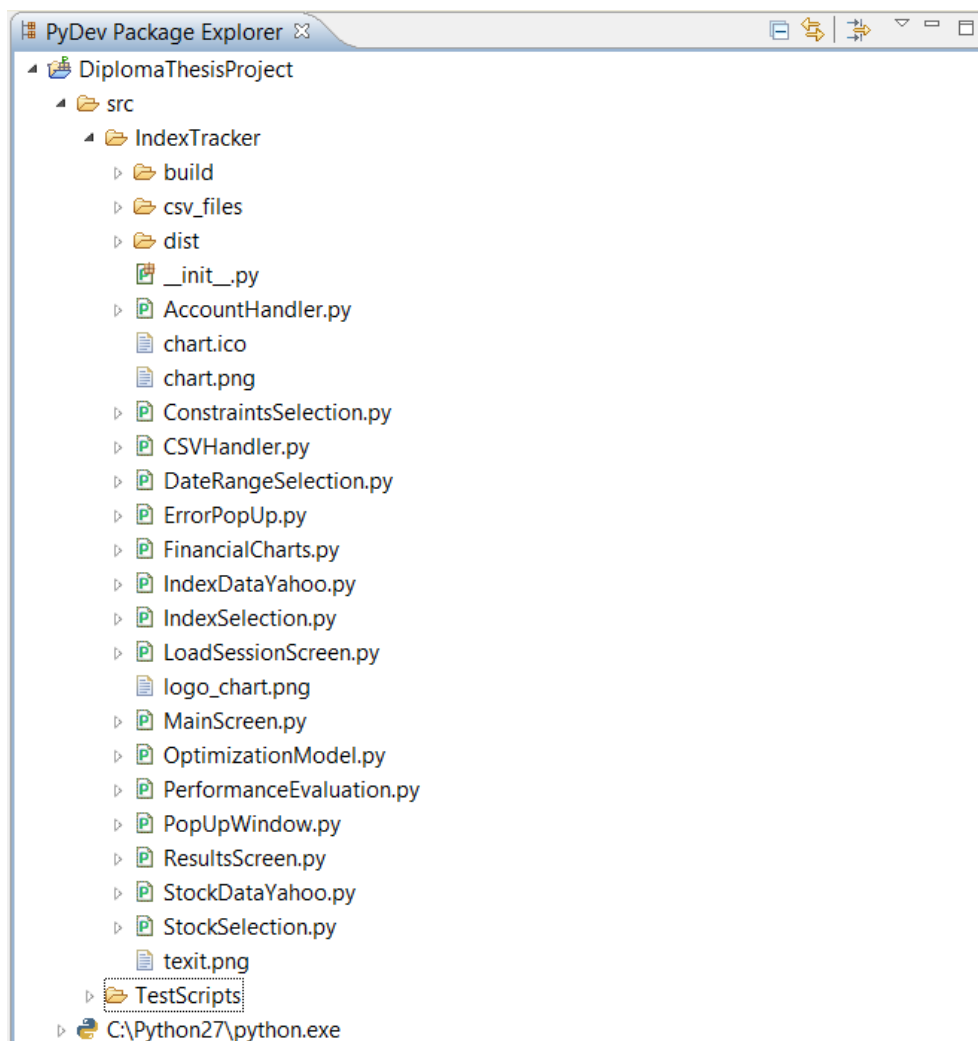
- Η πρώτη έχει να κάνει με το γεγονός ότι ο χρήστης μπορεί να μην έχει ξεκάθαρη προτίμηση και εικόνα για ορισμένους από τους περιορισμούς και παραμέτρους που καλείται να καθορίσει στην διαδικασία σύνθεσης του χαρτοφυλακίου. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι μπορεί να μην έχει αυστηρό περιορισμό για το πλήθος των συμμετεχόντων μετοχών. Για τον λόγο αυτό, θα μπορούσαμε να επεκτείνουμε το πληροφοριακό μας σύστημα έτσι ώστε να μπορεί να καθορίσει ο χρήστης τις υπόλοιπες παραμέτρους και περιορισμούς και δεδομένων αυτών, το πρόγραμμα να ψάχνει το βέλτιστο αριθμό συμμετεχόντων μετοχών (k), μέσα σε ένα προκαθορισμένο εύρος τιμών που ο χρήστης έχει ορίσει.
- Τέλος, θα μπορούσαμε να επεκτείνουμε το πληροφοριακό σύστημα ώστε να μπορεί να χρησιμοποιεί τόσο ενεργητικές όσο και παθητικές στρατηγικές διαχείρισης χαρτοφυλακίων. Στα πλαίσια αυτού, θα μπορεί να βελτιστοποιεί το ποσοστό του κεφαλαίου που θα επενδύεται παθητικά, και το υπόλοιπο να το επενδύει με ενεργητικές στρατηγικές (π.χ. μέσω μοντέλου μέσου – διακύμανσης του H. Markowitz).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΩΔΙΚΑ

Στο συγκεκριμένο Παράρτημα παρουσιάζεται ο κώδικας υλοποίησης του μοντέλου τόσο της στρατηγικής αντιστοίχισης όσο και της στρατηγικής ενισχυμένης αντιστοίχισης, που προτάθηκε από τον καθηγητή J.E. Beasley και N.A. Canakgoz στην δημοσίευση του με τίτλο “Mixed-integer programming approaches for index tracking and enhanced indexation”.

Τα μοντέλα υλοποιήθηκαν σε περιβάλλον ανάπτυξης Eclipse IDE και το συνολικό πληροφοριακό σύστημα αποτελείται από 16 αρχεία συνολικής έκτασης περίπου 4,300 γραμμών προγραμματιστικού κώδικα. Η οργάνωση του workspace του πληροφοριακού συστήματος παρουσιάζεται στο παρακάτω screenshot που λήφθηκε απευθείας από το περιβάλλον ανάπτυξης.



Οθόνη Α.1 : Οργάνωση κώδικα «Index Tracker»

Στην συνέχεια παρουσιάζεται ο κώδικας, ενώ σημειώνεται ότι συνοδεύεται με σχόλια, όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο, για την καλύτερη κατανόηση της μεθοδολογίας του μοντέλου από τον αναγνώστη.

```
from __future__ import division
import numpy as np
from scipy import stats
from gurobipy import *

import ErrorPopUp
import CSVHandler

#Initialize Global Variables Starts
q = None
username = ""
g = 0.01
k = 0
n = 0
T = 0
invested_cash = 0
exret = 0
index = ""
stocks = []
companies = []
tp_x = []
spot_prices = []
V = []
I = []
new_session = True
prevSession_id = ""
#Initialize Global Variables Ends

#method for getting index values
def get_I():
    global q

    i = np.array(q[0].close)
    q = q[1:]

    return i

#method for getting stocks values
def get_V():
    v = []
    for t in range (0, T):
        v_i = []
        for quote in q:
            if (quote.close != []):
                try:
                    v_i.append(quote.close[t])
                except:
                    v_i.append(quote.close[len(quote.close)-1])
        v.append(v_i)

    return np.array(v)

#method for getting index returns
def index_R():
```

```

i_ret = []
for i in range (1,T):
    i_ret.append(np.log((I[i]/I[i-1])))

return np.array(i_ret)

#method for getting stocks returns
def stocks_r():
    s_ret = []
    for t in range (1,T):
        ret = []
        for i in range (0, n):
            ret.append(np.log(V.item(t,i)/V.item(t-1,i)))
        s_ret.append(ret)

    return np.array(s_ret)

#method for getting tracking portfolio's returns
def new_tp_R(x, costs):
    s_ret = stocks_r()
    c = 1 / (cur_tp_C() - costs)
    tp_ret = []
    for t in range (0, T-1):
        s = 0
        for i in range (0, n):
            w_i = x[i] * spot_prices[i] * c
            s += w_i * s_ret.item(t, i)
        tp_ret.append(s)

    return np.array(tp_ret)

#method for getting current/initial tracking portfolio if any
def get_cur_tp():
    tp_x = np.zeros(n)

    if (new_session == False):
        csv_file_id = prevSession_id
        csv_filename = "csv_files\\" + csv_file_id + "\\results.csv"
        tp_x = np.array(CSVHandler.get_tp_from_csv(csv_filename))

    return tp_x

#method for getting current tracking portfolio's value
def cur_tp_C():
    if (new_session):
        c = invested_cash
    else:
        prev_invested_cash =
        CSVHandler.get_invested_cash_from_csv(prevSession_id)
        cash_change = invested_cash - prev_invested_cash
        c = np.dot(tp_x, spot_prices.T) + cash_change

    return c

#method for getting new tracking portfolio's value
def new_tp_C(x):
    val = np.dot(x, spot_prices.T)

    return val

```

```

#method for getting stocks proportions on a given tracking portfolio
def get_stock_proportions(x):
    c = new_tp_C(x)
    x_array = np.array(x)
    v = np.multiply(x_array, spot_prices)
    for i in range (0,v.shape[0]):
        v[i] = (v[i] / c) * 100

    return v

#method for getting tracking portfolio's tracking error
def tr_error(index_r, tp_r):

    return np.std(np.array(tp_r) - np.array(index_r))

#custom method for getting square values of list's elements
def square(l):

    return [i * i for i in l]

#Regression Analysis Model Starts
#slope b parameter analysis
def regression_b_stocks(x, b_s):
    b = 0
    c = 1 / ((1 - g) * cur_tp_C())
    for i in range(0, n):
        c_i = x[i] * spot_prices[i] * c
        b += c_i * b_s[i]

    return b

#intercept a parameter analysis
def regression_a_stocks(x, a_s):
    a = 0
    c = 1 / ((1 - g) * cur_tp_C())
    for i in range (0, n):
        c_i = x[i] * spot_prices[i] * c
        a += c_i * a_s[i]

    return a

#Regression Analysis Model Ends

#method for writing tracking results to .csv file
def write_res_to_csv(file_id, x_opt, proportions, g_opt, a_opt, b_opt,
tr_error, constraints):
    global username

    s = "Index Tracker,," + username + ",," + datetime.datetime.
].strftime("%d %B %Y")
    s += "\n"
    s += "Index:," + index + ",Excessive Return Factor:," + str(exret) +
"%\n\n"
    s += "Optimization Parameters\n,"
    s += "Dates Range\n," + q[0].date[0].strftime("%d %B %Y") + ",to," +
q[0].date[len(q[0].date)-1].strftime("%d %B %Y") + "\n,"
    s += "Cash Invested($),Number of Selected Stocks,Lower Proportion
Limit(%),Upper Proportion Limit(%), Data Frequency, TC Limit(%),BPS\n,"

```

```

s += str(constraints[7]) + "," + str(constraints[0]) + "," +
str(float(constraints[1])*100) + "," + str(float(constraints[2])*100) + ","
+ str(constraints[6]) + "," + str(float(constraints[3])*100) + "," +
str(float(constraints[4])*10000) + "\n"
s += "\n"
s += "Optimization Results\n,"
s += "Regression Factors\n,,alpha,beta\n,," + str(round(float(a_opt),
5)) + "," + str(round(float(b_opt), 5)) + "\n,"
s += "Tracking Error (%)\n,," + str(round(tr_error, 5)) + "\n,"
s += "Transaction Costs Occurred($)\n,," + str(round(sum(g_opt), 2)) +
"\n\n"
s += "Portfolio Composition\n,"
s += "Stocks\n,,"
for st in stocks:
    s+= str(st)+","
s += "\n,"

s += "Companies\n,,"
for c in companies:
    s+= c.replace("\n", "")+","
s += "\n,"

s += "Initial TP Stock Units\n,,"
for i in range(0,n):
    s += str(tp_x[i]) + ","
s += "\n,"

s += "Stock Units,(Units)\n,,"
for i in range(0,n):
    s += str(round(float(x_opt[i]),2)) + ","
s += "\n,"

s += "Unit Value,($)\n,,"
for i in range(0,n):
    s += str(round(float(V.item(T-1,i)),2)) + ","
s += "\n,"

s += "Participation,(%)\n,,"
for i in range(0,n):
    s+= str(round(float(proportions[i]),2)) + ","

s += "\n,"
s += "Trans Costs,($)\n,,"
for i in range(0,n):
    s+= str(round(float(g_opt[i]),2)) + ","

output_file = "csv_files\\" + file_id + "\\results.csv"
if (new_session == True):
    with open(output_file,'w') as f:
        f.write(s.encode('utf8'))
else:
    with open(output_file,'w') as f:
        f.write(s)

return output_file

```

```
#main method for optimizing tracking portfolio
```

```

def optimize(file_id, constraints, data, i, s_stocks, s_names, u_id,
ps_id):
    global user_id, q, g, k, n, T, tp_x, V, I, invested_cash, exret, index,
stocks, spot_prices, companies, new_session, prevSession_id

    user_id = u_id
    q = data
    index = i
    prevSession_id = ps_id
    stocks = s_stocks
    companies = s_names

    T = I.shape[0]
    n = len(stocks)
    I = get_I()
    V = get_V()
    index_returns = index_R()
    s_ret = stocks_r()
    spot_prices = V[T-1]

    new_session = True
    if (ps_id != ""):
        new_session = False

    k = int(constraints[0])           #number of stocks to hold
    g = float(constraints[3])        #limit on the proportion of
invested capital that can be conumed by transaction costs
    d = float(constraints[2])        #maximum proportion of the TP
that can be held in stock
    e = float(constraints[1])        #minimum proportion of the TP
that can be held in stock
    f_s = float(constraints[4])      #fractional cost of selling a
unit of stock
    f_b = float(constraints[4])      #fractional cost of buying a
unit of stock
    freq = constraints[6]            #data frequency (daily,
weekly, yearly)
    invested_cash = float(constraints[7]) #invested capital

    #Calculate excessive return factor for enhanced indexation
    periods = 52
    if (freq == "w"):
        periods = 52
    elif (freq == "y"):
        periods = 1
    else:
        periods = 365
    yearly_arithmetic_exret = float(constraints[5])
    exret = yearly_arithmetic_exret/periods

    #Calculate stocks returns regression towards index returns
    stocks_reg_b = []
    stocks_reg_a = []
    for i in range(0,n):
        (beta, alpha, r, tt, stderr) = stats.linregress(index_returns,
s_ret[:,i])
        stocks_reg_a.append(alpha)
        stocks_reg_b.append(beta)

```



```

tp_x = get_cur_tp()           #current portfolio
c = cur_tp_C()               #current portfolio value

try:
    if (exret == 0):
        '''
        first-stage model
        '''
        m1 = Model("Indexing Model Stage 1")
        #Create decision variables
        x_vars = []
        z_vars = []
        g_vars = []

        for i in range (0,n):
            x_vars.append(m1.addVar(vtype=GRB.CONTINUOUS, name="x_%s"
%(str(i))))
            x = np.array(x_vars)

        for i in range (0,n):
            z_vars.append(m1.addVar(vtype=GRB.BINARY, name="z_%s"
%(str(i))))
            z = np.array(z_vars)

        for i in range (0,n):
            g_vars.append(m1.addVar(vtype=GRB.CONTINUOUS, name="g_%s"
%(str(i))))
            G = np.array(g_vars)

        D = m1.addVar(vtype=GRB.CONTINUOUS, name="D")

        m1.update()

        #Set objective
        m1.setObjective(D, GRB.MINIMIZE)
        m1.addConstr(D >= regression_a_stocks(x, stocks_reg_a),
"reg_D_0")
        m1.addConstr(D >= -regression_a_stocks(x, stocks_reg_a),
"reg_D_1")
        m1.addConstr(D >= 0, "reg_D_2")

        #Set constraints for the other variables (x, z, G)
        m1.addConstr(sum(z) == k, "c_k")
        m1.addConstr(sum(G) <= g * c, "c_g")
        m1.addConstr(new_tp_C(x) == c - sum(G), "c_tc")

        #set stocks-specific boundaries (d,e,f_s,f_b)
        for i in range (0, n):
            stock_value = spot_prices[i]
            m1.addConstr(x[i] >= 0, "x_%s" %(str(i)))
            m1.addConstr(z[i] >= 0, "z_%s" %(str(i)))
            m1.addConstr((stock_value / c) * x[i] >= e * z[i],
"x_min_%s" %(str(i)))
            m1.addConstr((stock_value / c) * x[i] <= d * z[i],
"x_max_%s" %(str(i)))
            m1.addConstr(G[i] >= 0, "g_%s" %(str(i)))
            m1.addConstr(G[i] >= f_b * stock_value * (x[i] - tp_x[i]),
"f_b_%s" %(str(i)))

```

```

        m1.addConstr(G[i] >= f_s * stock_value * (tp_x[i] - x[i]),
"f_s_%s" %(str(i)))

    #optimize model
    m1.setParam(GRB.param.Presolve, 0)
    m1.optimize()

    x_opt = []
    for i in range (0,n):
        x_opt.append(m1.getVarByName("x_%s" %(str(i))))
    x_opt = np.array(x_opt)

    a_opt = regression_a_stocks(x_opt, stocks_reg_a)

    ...
    Second Stage of Optimization
    ...
    m2 = Model("Indexing Model Stage 2")

    #Create decision variables
    x_vars = []
    z_vars = []
    g_vars = []

    for i in range (0,n):
        x_vars.append(m2.addVar(vtype=GRB.CONTINUOUS, name="x_%s"
%(str(i))))
    x = np.array(x_vars)

    for i in range (0,n):
        z_vars.append(m2.addVar(vtype=GRB.BINARY, name="z_%s"
%(str(i))))
    z = np.array(z_vars)

    for i in range (0,n):
        g_vars.append(m2.addVar(vtype=GRB.CONTINUOUS, name="g_%s"
%(str(i))))
    G = np.array(g_vars)

    E = m2.addVar(vtype=GRB.CONTINUOUS, name="E")

    m2.update()

    #Set objective
    m2.setObjective(E, GRB.MINIMIZE)

    m2.addConstr(regression_a_stocks(x, stocks_reg_a) == a_opt,
"reg_D_1")
    m2.addConstr(E >= 1 - regression_b_stocks(x, stocks_reg_b),
"reg_E_0")
    m2.addConstr(E >= regression_b_stocks(x, stocks_reg_b) - 1,
"reg_E_1")
    m2.addConstr(E >= 0, "reg_E_2")

    #Set constraints for the other variables (x, z, , G)
    m2.addConstr(sum(z) == k, "c_k")
    m2.addConstr(sum(G) <= g * c, "c_g")
    m2.addConstr(new_tp_C(x) == c - sum(G), "c_tc")

```

```

#set stocks-specific boundaries (d,e,f_s,f_b)
for i in range(0, n):
    stock_value = spot_prices[i]
    m2.addConstr(x[i] >= 0, "x_%s" %(str(i)))
    m2.addConstr(z[i] >= 0, "z_%s" %(str(i)))
    m2.addConstr(G[i] >= 0, "g_%s" %(str(i)))
    m2.addConstr((stock_value / c) * x[i] >= e * z[i],
"x_min_%s" %(str(i)))
    m2.addConstr((stock_value / c) * x[i] <= d * z[i],
"x_max_%s" %(str(i)))
    m2.addConstr(G[i] >= f_b * stock_value * (x[i] - tp_x[i]),
"f_b_%s" %(str(i)))
    m2.addConstr(G[i] >= f_s * stock_value * (tp_x[i] - x[i]),
"f_s_%s" %(str(i)))

#optimize model
m2.setParam(GRB.param.Presolve, 0)
m2.optimize()

x_opt = []
for i in range (0,n):
    x_opt.append(m2.getVarByName("x_%s" %(str(i))).x)
x_opt = np.array(x_opt)
'''
End of Second Stage of Optimization
'''

b_opt = regression_b_stocks(x_opt, stocks_reg_b)

'''
Third Stage of Optimization
'''
m3 = Model("Indexing Model Stage 2")

#Create decision variables
x_vars = []
z_vars = []
g_vars = []

for i in range (0,n):
    x_vars.append(m3.addVar(vtype=GRB.CONTINUOUS, name="x_%s"
%(str(i))))
x = np.array(x_vars)

for i in range (0,n):
    z_vars.append(m3.addVar(vtype=GRB.BINARY, name="z_%s"
%(str(i))))
z = np.array(z_vars)

for i in range (0,n):
    g_vars.append(m3.addVar(vtype=GRB.CONTINUOUS, name="g_%s"
%(str(i))))
G = np.array(g_vars)

m3.update()

#Set objective
m3.setObjective(sum(G), GRB.MINIMIZE)

```

```

#set relaxation factor
m3.addConstr(regression_a_stocks(x, stocks_reg_a) == a_opt,
"reg_D")
m3.addConstr(regression_b_stocks(x, stocks_reg_b) == b_opt,
"reg_E")

#Set constraints for the other variables (x, z, , G)
m3.addConstr(sum(z) == k, "c_k")
m3.addConstr(sum(G) <= g * c, "c_g")
m3.addConstr(new_tp_C(x) == c - sum(G), "c_tc")

#set stocks-specific boundaries (d,e,f_s,f_b)
for i in range(0, n):
    stock_value = spot_prices[i]
    m3.addConstr(x[i] >= 0, "x_%s" %(str(i)))
    m3.addConstr(z[i] >= 0, "z_%s" %(str(i)))
    m3.addConstr(G[i] >= 0, "g_%s" %(str(i)))
    m3.addConstr((stock_value / c) * x[i] >= e * z[i],
"x_min_%s" %(str(i)))
    m3.addConstr((stock_value / c) * x[i] <= d * z[i],
"x_max_%s" %(str(i)))
    m3.addConstr(G[i] >= f_b * stock_value * (x[i] - tp_x[i]),
"f_b_%s" %(str(i)))
    m3.addConstr(G[i] >= f_s * stock_value * (tp_x[i] - x[i]),
"f_s_%s" %(str(i)))

#optimize model
m3.setParam(GRB.param.Presolve, 0)
m3.optimize()

x_opt = []
z_opt = []
g_opt = []
for i in range (0,n):
    x_opt.append(m3.getVarByName("x_%s" %(str(i))).x)
x_opt = np.array(x_opt)
for i in range (0,n):
    z_opt.append(m3.getVarByName("z_%s" %(str(i))).x)
z_opt = np.array(z_opt)
for i in range (0,n):
    g_opt.append(m3.getVarByName("g_%s" %(str(i))).x)
g_opt = np.array(g_opt)
''''
End of Third Stage of Optimization
'''

else:
    '''
Case of enhanced indexing
'''
m = Model("Enhanced Indexation Model Stage 1")

#Create decision variables
x_vars = []
z_vars = []
g_vars = []

for i in range (0,n):

```

```

        x_vars.append(m.addVar(vtype=GRB.CONTINUOUS, name="x_%s"
%(str(i))))
x = np.array(x_vars)

for i in range(0,n):
    z_vars.append(m.addVar(vtype=GRB.BINARY, name="z_%s"
%(str(i))))
z = np.array(z_vars)

for i in range(0,n):
    g_vars.append(m.addVar(vtype=GRB.CONTINUOUS, name="g_%s"
%(str(i))))
G = np.array(g_vars)

E = m.addVar(vtype=GRB.CONTINUOUS, name="E")

m.update()

#Set objective
m.setObjective(E, GRB.MINIMIZE)

#set relaxation factor
m.addConstr(regression_a_stocks(x, stocks_reg_a) == exret,
"reg_D_0")
m.addConstr(E >= 1 - regression_b_stocks(x, stocks_reg_b),
"reg_E_0")
m.addConstr(E >= regression_b_stocks(x, stocks_reg_b) - 1,
"reg_E_1")
m.addConstr(E >= 0, "reg_E_2")

#Set constraints for the other variables (x, z, , G)
m.addConstr(sum(z) == k, "c_k")
m.addConstr(sum(G) <= g * c, "c_g")
m.addConstr(new_tp_C(x) == c - sum(G), "c_tc")

#set stocks-specific boundaries (d,e,f_s,f_b)
for i in range(0, n):
    stock_value = spot_prices[i]
    m.addConstr(x[i] >= 0, "x_%s" %(str(i)))
    m.addConstr(z[i] >= 0, "z_%s" %(str(i)))
    m.addConstr(G[i] >= 0, "g_%s" %(str(i)))
    m.addConstr((stock_value / c) * x[i] >= e * z[i],
"x_min_%s" %(str(i)))
    m.addConstr((stock_value / c) * x[i] <= d * z[i],
"x_max_%s" %(str(i)))
    m.addConstr(G[i] >= f_b * stock_value * (x[i] - tp_x[i]),
"f_b_%s" %(str(i)))
    m.addConstr(G[i] >= f_s * stock_value * (tp_x[i] - x[i]),
"f_s_%s" %(str(i)))

#optimize model
m.setParam(GRB.param.Presolve, 0)
m.optimize()

x_opt = []
for i in range(0,n):
    x_opt.append(m.getVarByName("x_%s" %(str(i))).x)
x_opt = np.array(x_opt)

```

```

a_opt = exret
b_opt = regression_b_stocks(x_opt, stocks_reg_b)

'''
Second Stage of Optimization
'''
M2 = Model("Enhanced Indexation Model Stage 1")

#Create decision variables
x_vars = []
z_vars = []
g_vars = []

for i in range (0,n):
    x_vars.append(m2.addVar(vtype=GRB.CONTINUOUS, name="x_%s"
%(str(i))))
x = np.array(x_vars)

for i in range (0,n):
    z_vars.append(m2.addVar(vtype=GRB.BINARY, name="z_%s"
%(str(i))))
z = np.array(z_vars)

for i in range (0,n):
    g_vars.append(m2.addVar(vtype=GRB.CONTINUOUS, name="g_%s"
%(str(i))))
G = np.array(g_vars)

m2.update()

#Set objective
m2.setObjective(sum(G), GRB.MINIMIZE)

#set regression-related constraints
m2.addConstr(regression_a_stocks(x, stocks_reg_a) == a_opt,
"reg_D")
m2.addConstr(regression_b_stocks(x, stocks_reg_b) == b_opt,
"reg_E")

#Set constraints for the other variables (x, z, g, G)
m2.addConstr(sum(z) == k, "c_k")
m2.addConstr(sum(G) <= g * c, "c_g")
m2.addConstr(new_tp_C(x) == c - sum(G), "c_tc")

#set stocks-specific boundaries (d,e,f_s,f_b)
for i in range(0, n):
    stock_value = spot_prices[i]
    m2.addConstr(x[i] >= 0, "x_%s" %(str(i)))
    m2.addConstr(z[i] >= 0, "z_%s" %(str(i)))
    m2.addConstr(G[i] >= 0, "g_%s" %(str(i)))
    m2.addConstr((stock_value / c) * x[i] >= e * z[i],
"x_min_%s" %(str(i)))
    m2.addConstr((stock_value / c) * x[i] <= d * z[i],
"x_max_%s" %(str(i)))
    m2.addConstr(G[i] >= f_b * stock_value * (x[i] - tp_x[i]),
"f_b_%s" %(str(i)))
    m2.addConstr(G[i] >= f_s * stock_value * (tp_x[i] - x[i]),
"f_s_%s" %(str(i)))

```

```

#optimize model
m2.setParam(GRB.param.Presolve, 0)
m2.optimize()

x_opt = []
z_opt = []
g_opt = []
for i in range (0,n):
    x_opt.append(m2.getVarByName("x_%s" %(str(i))).x)
x_opt = np.array(x_opt)
for i in range (0,n):
    z_opt.append(m2.getVarByName("z_%s" %(str(i))).x)
z_opt = np.array(z_opt)
for i in range (0,n):
    g_opt.append(m2.getVarByName("g_%s" %(str(i))).x)
g_opt = np.array(g_opt)
'''
End of Second Stage of Optimization
'''

'''
End of enhanced indexing optimization
'''

proportions = get_stock_proportions(x_opt)
transaction_costs = sum(g_opt)
i_r = [np.exp(x) for x in index_returns]
tp_returns = new_tp_R(x_opt, sum(g_opt))
tp_r = [np.exp(x) for x in tp_returns]
tracking_error = tr_error(i_r, tp_r)

output_file = write_res_to_csv(file_id, x_opt, proportions, g_opt,
a_opt, b_opt, tracking_error, constraints)

except GurobiError:
    ErrorPopUp.main("The model with the given constraints is
infeasible!")
    return []

return [output_file, index_returns, tp_returns, transaction_costs,
proportions]

```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β


ΧΡΗΣΤΙΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ «INDEX TRACKER»

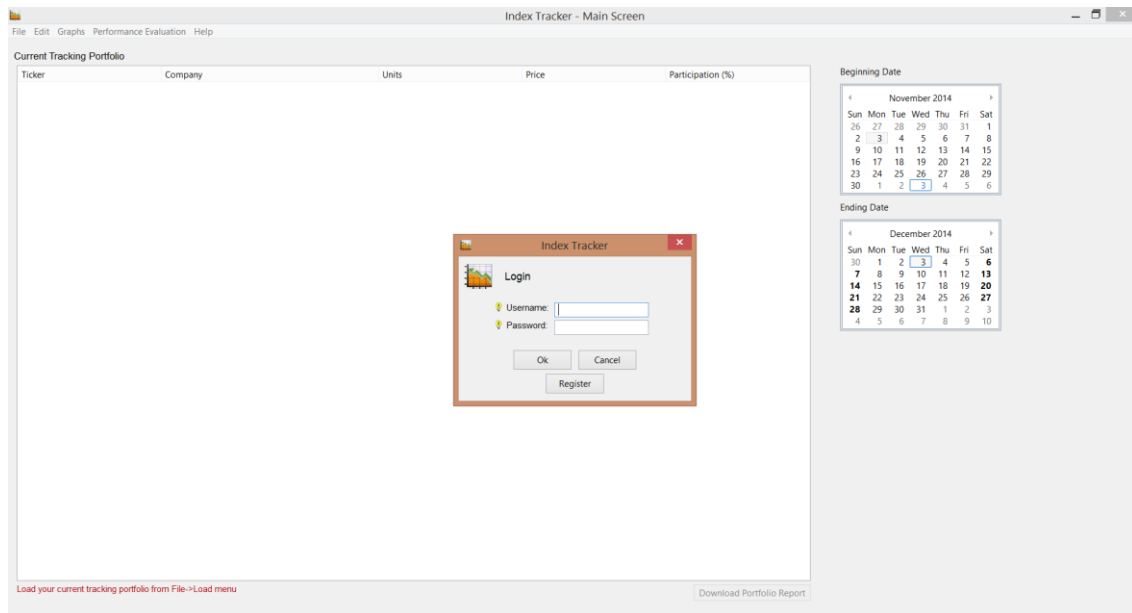
1. ΓΕΝΙΚΑ

Το πληροφοριακό σύστημα «*Index Tracker*» που σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, απευθύνεται σε όλους τους επενδυτές και διαχειριστές χαρτοφυλακίων που επιθυμούν να δημιουργήσουν ένα χαρτοφυλάκιο με συγκεκριμένα αριθμό μετοχών το οποίο να έχει σαν στόχο είτε να ακολουθήσει ακριβώς, είτε να ξεπερνάει με έναν σταθερό ποσοστιαίο παράγοντα τις αποδόσεις ενός χρηματιστηριακού δείκτη. Ανάλογα με το ποια από τις δύο στρατηγικές θα επιλέξει ο επενδυτής να ακολουθήσει, καθώς και τους περιορισμούς που επιβάλλει ο ίδιος στην βελτιστοποίηση θα έχει βέβαια και τα αντίστοιχα αποτελέσματα, όπως άλλωστε έγινε κατανοητό και από την εκτενή ανάλυση που έχει προηγηθεί στα προηγούμενα Κεφάλαια.

Στη συνέχεια ακολουθεί, ένας αναλυτικός οδηγός χρήσης του ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος «*Index Tracker*», παρουσιάζοντας όλες τις επιλογές και δυνατότητες που έχει ο χρήστης στην διάθεση του.

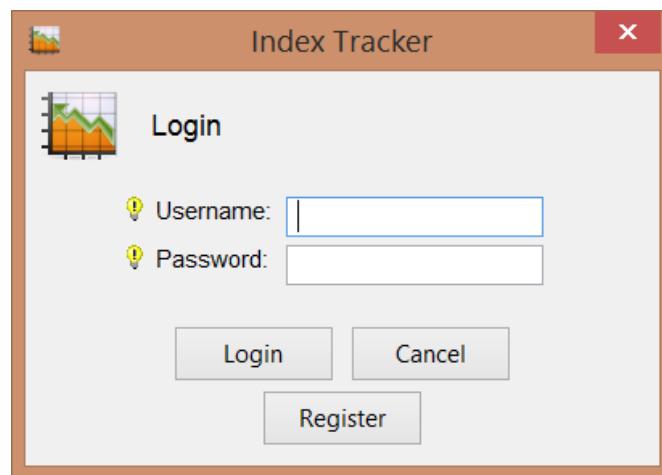
2. ΕΝΑΡΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΕΙΣΟΔΟΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Πατώντας το εικονίδιο της εφαρμογής «*Index Tracker*»  που βρίσκεται στην επιφάνεια εργασίας (Desktop) του υπολογιστή, εμφανίζονται οι δύο οθόνες που φαίνονται και στην συνέχεια στην **Οθόνη 1**.



Οθόνη Β.1 : Αρχική οθόνη εφαρμογής

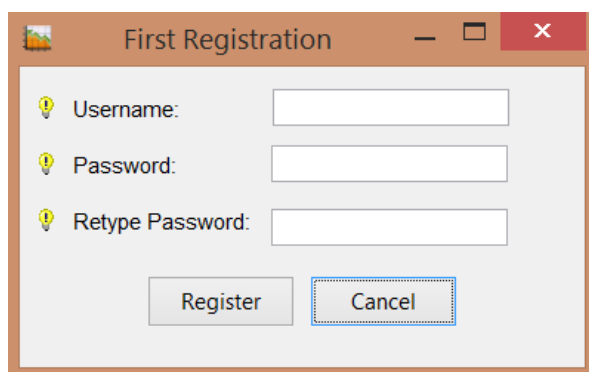
Προκειμένου ο χρήστης να μπορέσει να χρησιμοποιήσει το πληροφοριακό σύστημα, θα πρέπει αρχικά στην οθόνη σύνδεσης, **Οθόνη 2**, να εισάγει το *Username* και το *Password* του και στην συνέχεια να πατήσει στο πλήκτρο «**Login**» προκειμένου πραγματοποιηθεί ο έλεγχος των στοιχείων που εισήγαγε. Σε περίπτωση που τα στοιχεία είναι έγκυρα, ο χρήστης εισάγεται στο σύστημα. Σε αντίθετη περίπτωση, ο χρήστης ενημερώνεται με κατάλληλο εικονίδιο για το πρώτο πεδίο της φόρμας στο οποίο έχει συμπληρώσει μη-έγκυρη τιμή.



Οθόνη Β.2: Σύνδεση χρήστη

Σε περίπτωση που ο χρήστης χρησιμοποιεί για πρώτη φορά την εφαρμογή «*Index Tracker*», ή θέλει να δημιουργήσει έναν επιπλέον λογαριασμό, μπορεί στην Οθόνη 2 να πατήσει το κουμπί «**Register**». Στην περίπτωση αυτή θα εμφανιστεί η **Οθόνη 3**, όπου με την ίδια λογική ο χρήστης πρέπει να συμπληρώσει τα επιθυμητά *Username* και *Password* καθώς και να επαναπληκτρολογήσει το *Password* προκειμένου το σύστημα να επιβεβαιώσει ότι δεν έχει κάνει κάποιο λάθος την πρώτη φορά. Εφόσον τα στοιχεία που έδωσε ο χρήστης δεν

χρησιμοποιούνται ήδη η εγγραφή θα επιτύχει και στην συνέχεια ο χρήστης θα πρέπει να κάνει Login με σκοπό να εισέλθει στο σύστημα.

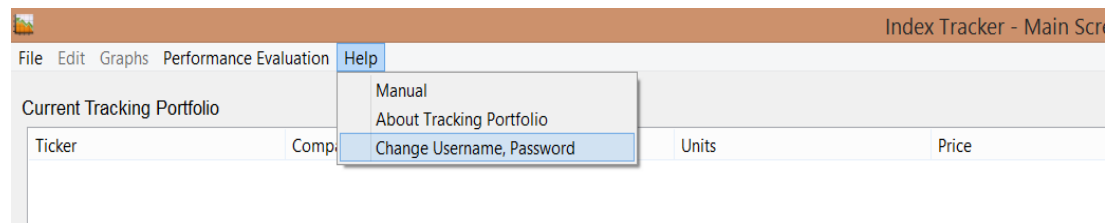


Οθόνη B.3 : Εγγραφή χρήστη

Πριν ο χρήστης συνδεθεί στο σύστημα, παρόλο που η αρχική οθόνη έχει ανοίξει, είναι απενεργοποιημένη και επομένως ο χρήστης δεν θα μπορεί να την χρησιμοποιήσει. Την στιγμή ωστόσο που θα συνδεθεί όλες οι επιλογές αυτές θα ενεργοποιηθούν για τον χρήστη.

3. ΑΛΛΑΓΗ “USERNAME” ΚΑΙ “PASSWORD”

Προκειμένου να αλλάξει ο χρήστης το *Username* και το *Password*, επιλέγει με το ποντίκι από το μενού της εφαρμογής “*Help*” > “*Change Username, Password*”, όπως φαίνεται και στην **Οθόνη 4** που ακολουθεί.



Οθόνη B.4 : Επιλογή οθόνης για αλλαγή στοιχείων λογαριασμού χρήστη

Αφού ακολουθήσει τα παραπάνω βήματα θα εμφανιστεί η **Οθόνη 5** μέσω της οποίας μπορεί ο χρήστης να τροποποιήσει τα στοιχεία του προσωπικού του λογαριασμού.

Οθόνη Β.5 : Αλλαγή στοιχείων λογαριασμού χρήστη

Στην οθόνη αυτή ο χρήστης συμπληρώνει τα πεδία που φαίνονται και πατήσκει το κουμπί **“Change”**, και αφού γίνει έλεγχος από το σύστημα ότι οι τιμές είναι έγκυρες ολοκληρώνονται οι αλλαγές.

Παράλληλα, με το checkbox **“Hide Characters”**, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να μεταβάλλει το κατά πόσο εμφανίζονται οι χαρακτήρες στα πεδία των κωδικών, κάτι το οποίο αποσκοπεί στην ενίσχυση της ασφαλείας του χρήστη.

4. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Για την λειτουργία της εφαρμογής το πληροφοριακό σύστημα δίνει στον χρήστη δύο επιλογές. Η πρώτη είναι η χρήση ιστορικών κλεισιμάτων τα οποία λαμβάνονται από τον server του ιστοτόπου *Yahoo!Finance*, ενώ η εναλλακτική είναι η παροχή των δεδομένων από τον χρήστη σε αρχείο *.csv* το οποίο ωστόσο πρέπει να έχει κατάλληλη μορφή προκειμένου να μπορεί να αναγνωριστεί από το σύστημα.

Η σωστή λειτουργία της εφαρμογής, στην περίπτωση που θεωρήσουμε ότι αντλεί τα δεδομένα από το *Yahoo!Finance* προϋποθέτει την ενημέρωση της με τις ακόλουθες τιμές:

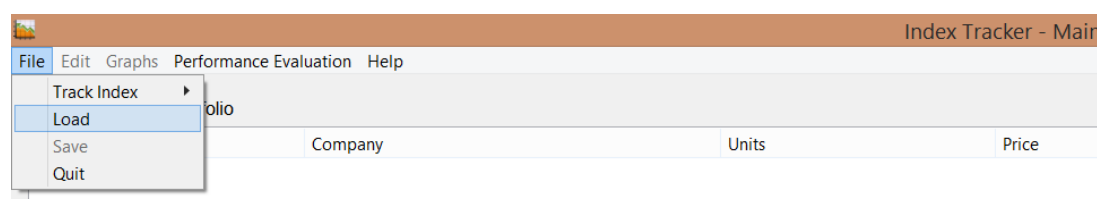
- των τίτλων των μετοχών που συνθέτουν τον δείκτη που θα επιλέξει ο χρήστης να ακολουθήσει,
- τα spot prices και change των μετοχών αυτών,
- των ιστορικών κλεισιμάτων των μετοχών για το χρονικό διάστημα και στη συχνότητα που θα καθορίσει ο χρήστης του «*Index Tracker*»,
- την αξία του δείκτη στο χρονικό διάστημα και συχνότητα όπως παραπάνω.

Για τον σκοπό αυτόν είναι απαραίτητο ο υπολογιστής του χρήστη να είναι συνδεδεμένος στο διαδίκτυο, προκειμένου να είναι εφικτή η λήψη των παραπάνω δεδομένων.

5. ΦΟΡΤΩΣΗ ΤΡΕΧΟΝΤΟΣ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΟΥ

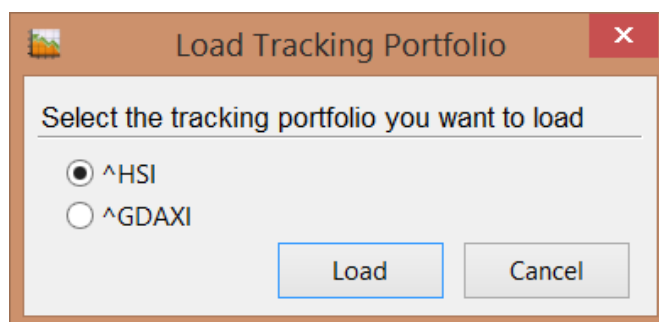
Έχοντας ήδη συνδεθεί στο σύστημα, μπορεί πλέον ο χρήστης να φορτώσει, εφόσον έχει αποθηκεύσει σε προηγούμενη συνεδρία, το τρέχον χαρτοφυλάκιο του.

Επιλέγοντας από το μενού της εφαρμογής **"File"** > **"Load"**, όπως φαίνεται και στην **Οθόνη 6** που ακολουθεί.



Οθόνη B.6 : Επιλογή οθόνης φόρτωσης τρέχοντος χαρτοφυλακίου

Αφού εκτελέσουμε τα παραπάνω βήματα, το σύστημα θα ελέγξει στην βάση δεδομένων του εάν ο χρήστης διαθέτει μόνο ένα υπάρχον χαρτοφυλάκιο. Στην περίπτωση που διαθέτει μόνο ένα θα το φορτώσει αυτόματα, ενώ σε αντίθετη περίπτωση, μέσω θα εμφανιστεί η **Οθόνη 7** προκειμένου ο χρήστης να επιλέξει το χαρτοφυλάκιο αντιστοίχισης που επιθυμεί να φορτώσει.



Οθόνη B.7 : Επιλογή τρέχοντος χαρτοφυλακίου που θα φορτωθεί

Σημειώνεται σε αυτό το σημείο, ότι το σύστημα επιτρέπει στον κάθε χρήστη να διατηρεί όσα χαρτοφυλάκια επιθυμεί, αλλά μόνο για διαφορετικούς δείκτες. Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορεί ένας χρήστης να διατηρεί δύο χαρτοφυλάκια αντιστοίχισης για τον ίδιο δείκτη.

Εφόσον ο χρήστης έχει ήδη επιλέξει ποιο χαρτοφυλάκιο θέλει να φορτώσει, στην περίπτωση που διαθέτει περισσότερα από ένα, η αρχική οθόνη θα το φορτώσει, όπως φαίνεται στην **Οθόνη 8**.

Ticker	Company	Units	Price	Participation (%)
0992.HK	China Mobile Limited	1167.09	10.64	44.87
2319.HK	Ping An Insurance (Group) Company of China	230.67	30.3	25.25
0293.HK	China Resources Enterprise Ltd.	229.23	17.4	14.41
0883.HK	PetroChina Co. Ltd.	55.35	10.84	2.17
0291.HK	CITIC Limited	37.08	16.18	2.17
1044.HK	Lenovo Group Limited	5.94	82.5	1.77
0101.HK	Sino Land Company Limited	16.42	22.8	1.35
0939.HK	CNOOC Ltd.	47.19	5.87	1
0836.HK	China Unicom (Hong Kong) Limited	12.68	21.85	1
0494.HK	Hong Kong Exchanges & Clearing Limited	33.02	8.39	1
0386.HK	Tingyi Cayman Islands Holding Corp.	45.12	6.14	1
0151.HK	China Merchants Holdings (International) Company Limited	27.21	10.18	1
0135.HK	HANG LUNG PPT Limited	34.41	8.05	1
0027.HK	Limited	5.39	51.4	1
0013.HK	Hutchison Whampoa Limited	2.95	93.95	1
3988.HK	China Life Insurance Co. Ltd.	0	4.07	0
3238.HK	BOC Hong Kong Holdings Ltd.	0	6.58	0
2628.HK	China Mengniu Dairy Co. Ltd.	0	27.15	0
2388.HK	Ltd.	0	27.3	0
2318.HK	Sands China Ltd.	0	68.8	0
1928.HK	Belle International Holdings Limited	0	44.25	0
1880.HK	Industrial and Commercial Bank of China Limited	0	8.8	0
1398.HK	AIA Group Limited	0	5.23	0
1299.HK	Cosco Pacific Ltd.	0	43.8	0
1199.HK	China Resources Land Limited	0	10.8	0
1109.HK	China Shenhua Energy Co. Ltd.	0	19.34	0
1088.HK	Hengan International Group Company Limited	0	22	0
0941.HK	China Construction Bank Corporation	0	93.4	0
0857.HK	China Resources Power Holdings Co. Ltd.	0	8.19	0
0762.HK	Tencent Holdings Ltd.	0	11.46	0
0700.HK	China Overseas Land & Investment Ltd.	0	119.6	0
0609.HK	11 &amp; Fund Limited	0	23.35	0

Οθόνη B.8 : Παρουσίαση τρέχοντος χαρτοφυλακίου

Στην οθόνη αυτή εμφανίζονται πλέον τα ακόλουθα:

- Στο αριστερό τμήμα της, εμφανίζεται το τρέχον χαρτοφυλάκιο του χρήστη. Για το χαρτοφυλάκιο παρουσιάζονται τα εξής στοιχεία:
 - Κωδικός μετοχής στο χρηματιστήριο (*Ticker Symbol*)
 - Όνομα της εταιρίας (*Company Name*)
 - Μονάδες με τις οποίες η μετοχή συμμετέχει στο χαρτοφυλάκιο (*Stock Units*)
 - Η τιμή της μετοχής (*Stock Price*)
 - Η συμμετοχή της μετοχής στο χαρτοφυλάκιο εκφρασμένη σε ποσοστό (*Participation*)
- Στο δεξί τμήμα, εμφανίζεται σε μορφή δύο ημερολογίων, το χρονικό εύρος το οποίο επιλέχθηκε στην προηγούμενη συνεδρία, για την βελτιστοποίηση του παρουσιαζόμενου χαρτοφυλακίου.

Το σύστημα παρέχει στον χρήστη τις εξής δυνατότητες:

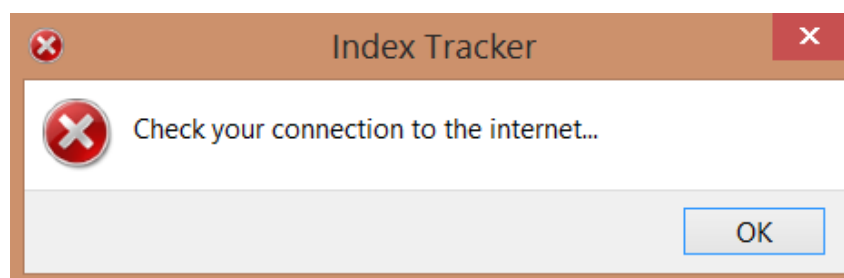
- Να εμφανίζονται τα στοιχεία του χαρτοφυλακίου ταξινομημένα με βάση τα δεδομένα όποις στήλης εκείνος επιθυμεί. Στην οθόνη 7 τα δεδομένα έχουν ταξινομηθεί με κριτήριο την ποσοστιαία συμμετοχή τους στο χαρτοφυλάκιο (**Οθόνη 9**).

Price	Participation (%)
10.64	44.87

Οθόνη B.9 : Εμφάνιση των στοιχείων ταξινομημένα ως προς τιμές επιλεγμένης στήλης

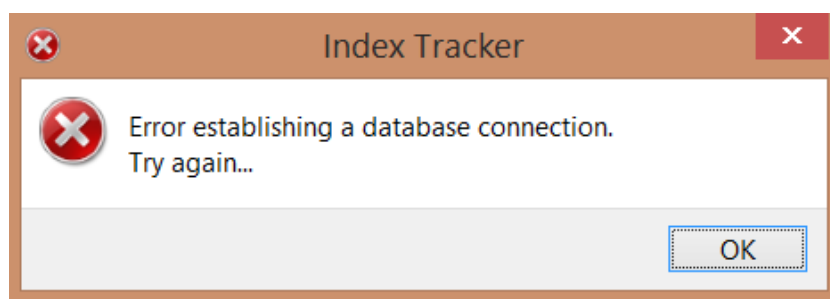
- Μέσα από το κουμπί στο κάτω μέρος της οθόνης, "**Download Portfolio Report**", μπορεί ο χρήστης να λάβει σε μορφή αρχείου .csv αναφορά για το τρέχον χαρτοφυλάκιο του.

Σημειώνεται σε αυτό το σημείο, ότι στην περίπτωση που το σύστημα δεν μπορεί να συνδεθεί στο διαδίκτυο, εμφανίζεται το ακόλουθο μήνυμα (Οθόνη 11) και θα πρέπει ο χρήστης να ελέγξει την σύνδεση.



Οθόνη B.11 : Αδυναμία σύνδεσης στο διαδίκτυο

Αντίστοιχα, στην περίπτωση που το σύστημα δεν καταφέρει να συνδεθεί στην βάση δεδομένων του, θα εμφανίσει το μήνυμα που παρουσιάζεται στην Οθόνη 12.

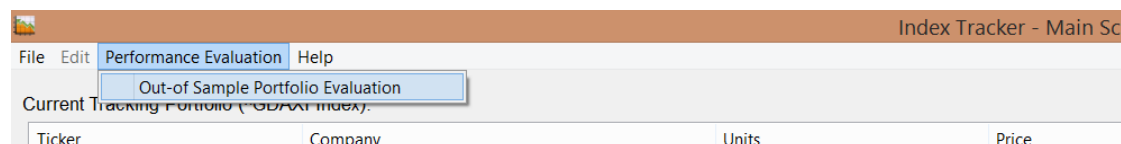


Οθόνη B.12 : Αδυναμία επικοινωνίας με τη βάση δεδομένων

6. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΡΕΧΟΝΤΟΣ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΟΥ

Έχοντας ήδη φορτώσει το τρέχον χαρτοφυλάκιο του, ο χρήστης μπορεί να αξιολογήσει την απόδοση αυτού από την στιγμή της σύστασής του μέχρι και σήμερα.

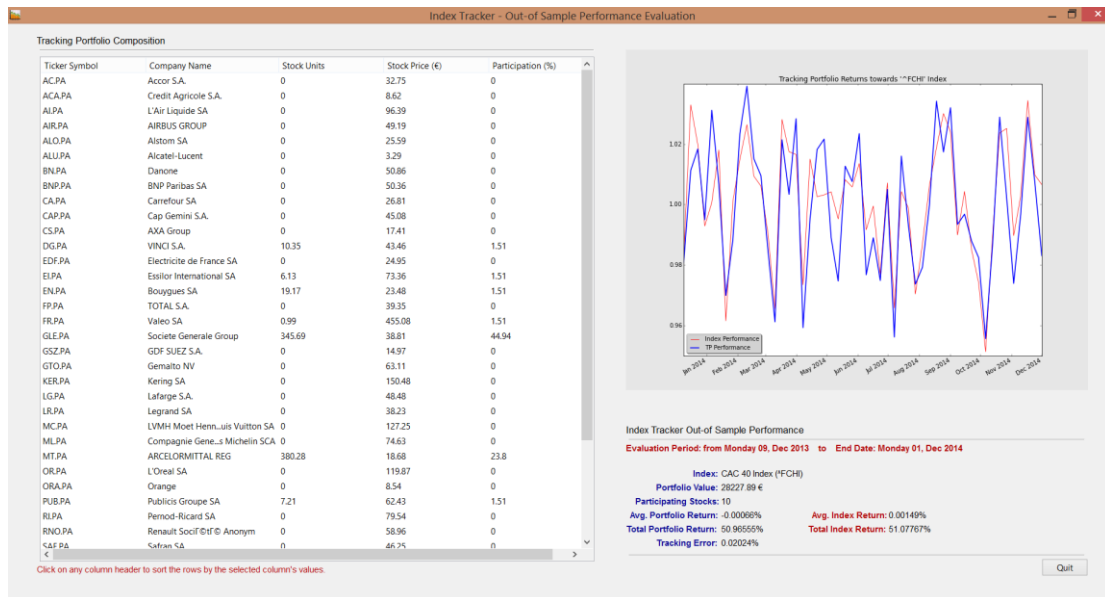
Αυτό γίνεται επιλέγοντας από το μενού της εφαρμογής **“Performance Evaluation”** > **“Out-of Sample Portfolio Evaluation”**, όπως φαίνεται και στην Οθόνη 13 ακολούθως.



Οθόνη B.13 :Επιλογή αξιολόγησης τρέχοντος χαρτοφυλακίου

Η επιλογή αυτή είναι διαθέσιμη για τον χρήστη, μόνο εάν έχει ήδη φορτώσει το τρέχον χαρτοφυλάκιο του στην οθόνη της εφαρμογής.

Στη συνέχεια θα εμφανιστεί η Οθόνη 14, στην οποία μπορούμε να δούμε πληροφορίες σχετικές με την σύσταση του τρέχοντος χαρτοφυλακίου, καθώς και στοιχεία για την απόδοση του από την στιγμή της σύνθεσης του (ή της τελευταίας αναθεώρησης του).



Οθόνη Β.14 : Αξιολόγηση τρέχοντος χαρτοφυλακίου χρήστη

Όπως παρατηρούμε, στο αριστερό τμήμα της παραπάνω οθόνης παρουσιάζεται το χαρτοφυλάκιο αντιστοίχισης που προέκυψε από την τελευταία βελτιστοποίηση του με την εφαρμογή. Για το χαρτοφυλάκιο παρουσιάζονται τα εξής στοιχεία:

- Κωδικός μετοχής στο χρηματιστήριο (*Ticker Symbol*)
- Όνομα της εταιρίας (*Company Name*)
- Μονάδες με τις οποίες η μετοχή συμμετέχει στο χαρτοφυλάκιο (*Stock Units*)
- Η τιμή της μετοχής (*Stock Price*)
- Η συμμετοχή της μετοχής στο χαρτοφυλάκιο εκφρασμένη σε ποσοστό (*Participation*)

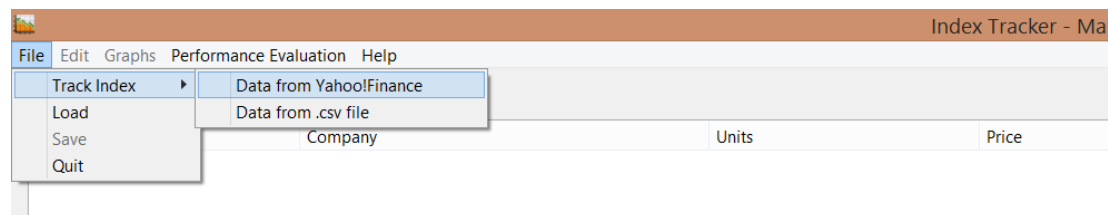
Στο δεξί τμήμα της οθόνης, παρουσιάζονται τα σχετικά με την επίδοση του χαρτοφυλακίου στοιχεία, καθώς και ένα διάγραμμα της πορείας των αποδόσεων τόσο του χαρτοφυλακίου, όσο και του δείκτη για το δεδομένο χρονικό διάστημα της αξιολόγησης. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται τα εξής στοιχεία:

- Το όνομα του δείκτη που παρακολουθεί το χαρτοφυλάκιο του χρήστη (*Index*)
- Η αξία του χαρτοφυλακίου (*Portfolio Value*)
- Ο αριθμός των συμμετεχόντων μετοχών (*Participating Stocks*)
- Η μέση τιμή των αποδόσεων του χαρτοφυλακίου και του δείκτη, αντίστοιχα, στην περίοδο της αξιολόγησης (*Avg. Portfolio & Index Returns*)
- Η συνολική απόδοση του χαρτοφυλακίου και του δείκτη, αντίστοιχα, κατά την περίοδο της αξιολόγησης (*Total Portfolio & Index Return*)
- Το σφάλμα παρακολούθησης του δείκτη στο διάστημα αυτό (*Tracking Error*)

7. ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

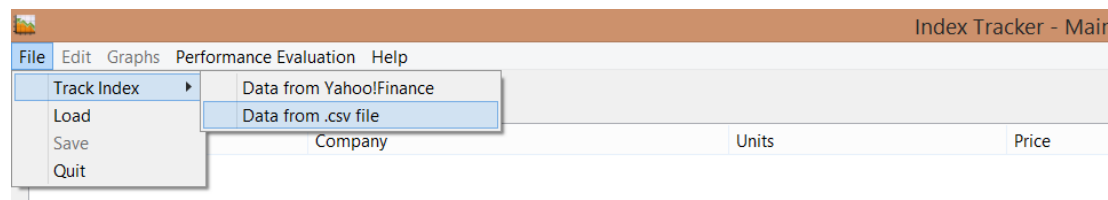
Για να αρχίσει η διαδικασία της βελτιστοποίησης, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως υπάρχουν δύο εναλλακτικοί τρόποι.

Ο πρώτος είναι να γίνει λήψη δεδομένων από τον server του ιστοτόπου *Yahoo!Finance*. Αυτό γίνεται επιλέγοντας από το μενού της εφαρμογής **"File"** > **"Track Index"** > **"Data from Yahoo!Finance"**, όπως φαίνεται και στην **Οθόνη 15** που ακολουθεί.



Οθόνη B.15 : Επιλογή οθόνης για κατασκευή χαρτοφυλακίου με λήψη δεδομένων από *Yahoo!Finance*

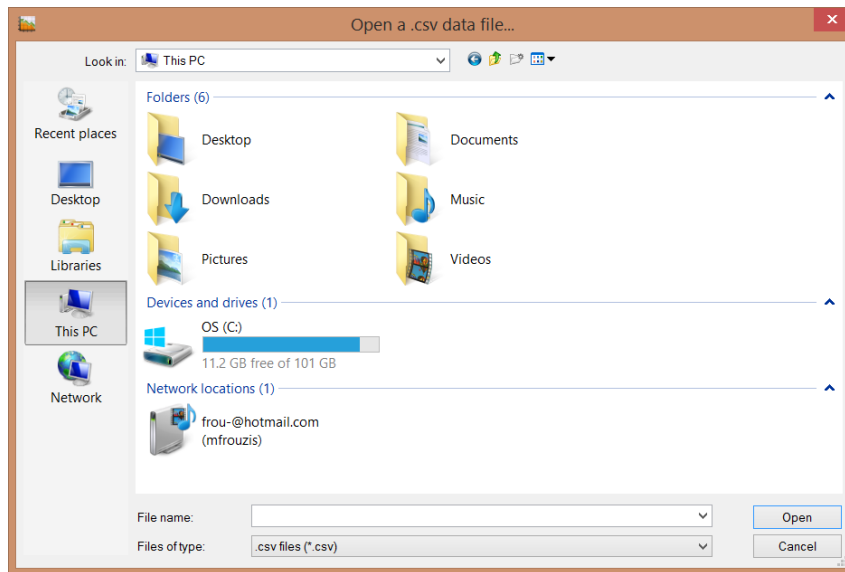
Ο εναλλακτικός είναι η εισαγωγή δεδομένων από τον χρήστη από αρχείο *.csv*, το οποίο ο χρήστης έχει αποθηκευμένο στον υπολογιστή του. Αυτό δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να χρησιμοποιήσει, έστω και χωρίς ορισμένες δυνατότητες την εφαρμογή, χωρίς να υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο. Για να προχωρήσει με αυτήν την μέθοδο, επιλέγει από το μενού της εφαρμογής **"File"** > **"Track Index"** > **"Data from .csv file"**, όπως φαίνεται και στην **Οθόνη 16** που ακολουθεί.



Οθόνη B.16 : Επιλογή οθόνης για κατασκευή χαρτοφυλακίου με εισαγωγή δεδομένων από τοπικό αρχείο

Αφού προχωρήσουμε στην συγκεκριμένη επιλογή, θα εμφανιστεί το παράθυρο της **Οθόνης 17** προκειμένου να επιλέξει ο χρήστης το τοπικό αρχείο που περιλαμβάνει τα ιστορικά δεδομένα των μετοχών.

Σημειώνεται στο σημείο αυτό, ότι στην παρούσα έκδοση του πληροφοριακού συστήματος *"Index Tracker"* δεν υποστηρίζεται χρήση αρχείου δεδομένων για αναθεώρηση υπάρχοντος χαρτοφυλακίου, παρά μόνο για αρχική σύνθεση του. Συνεπώς, στην περίπτωση που ο χρήστης έχει ήδη επιλέξει και φορτώσει το τρέχον χαρτοφυλάκιό του, η επιλογή της εισαγωγής δεδομένων από τοπικό αρχείο είναι απενεργοποιημένη.



Οθόνη Β.17 : Επιλογή τοπικού αρχείου δεδομένων

8. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Αφού γίνει από τον χρήστη η εκκίνηση της διαδικασίας, μπορούμε να διακρίνουμε τρεις διαφορετικές ροές του προγράμματος, αναλόγως με την μέθοδο που επέλεξε:

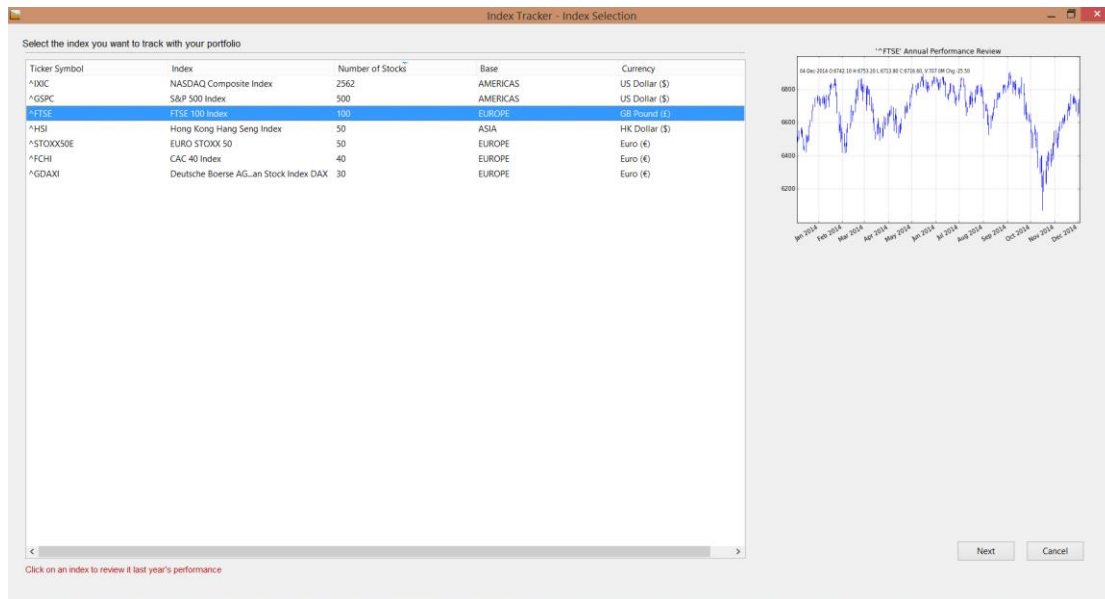
1. Κατασκευή χαρτοφυλακίου με δεδομένα από Yahoo!Finance
2. Κατασκευή χαρτοφυλακίου με δεδομένα από .csv αρχείο
3. Αναθεώρηση χαρτοφυλακίου (με δεδομένα από Yahoo!Finance)

8.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΟΥ ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ YAHOO!FINANCE

Στην περίπτωση αυτή, ο χρήστης θα χρειαστεί να ξεκινήσει από την αρχή τη διαδικασία κατασκευής του χαρτοφυλακίου και να ρυθμίσει όλους τους απαραίτητους περιορισμούς του μοντέλου της βελτιστοποίησης, όπως αυτοί περιεγράφηκαν στο Κεφάλαιο 4.

ΒΗΜΑ 1^ο

Αρχικά, θα επιλέξει τον δείκτη τον οποίο επιθυμεί να ακολουθήσει με το χαρτοφυλάκιο που θα συνθέσει. Αυτό γίνεται μέσω του παραθύρου που παρουσιάζεται στην **Οθόνη 18**.

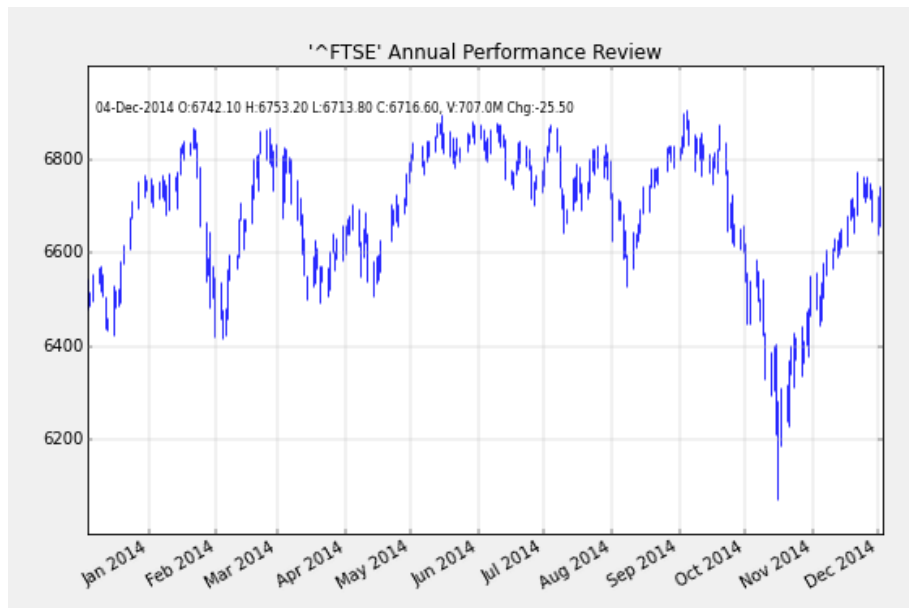


Οθόνη B.18 : Επιλογή δείκτη

Στην οθόνη αυτή, ο χρήστης για να προχωρήσει σε επιλογή κάποιου δείκτη πρέπει να επιλέξει με το ποντίκι την γραμμή του δείκτη αυτού και στην συνέχεια να πατήσει το κουμπί “*Next*” που βρίσκεται στο κάτω-δεξιά τμήμα της οθόνης.

Ο χρήστης στην συγκεκριμένη οθόνη έχει τις εξής δυνατότητες:

- να ταξινομήσει τις γραμμές των δεικτών με βάση τα δεδομένα οποιασδήποτε στήλης επιθυμεί. Αυτό το κάνει απλά πατώντας με το ποντίκι πάνω στον τίτλο της αντίστοιχης στήλης, όπως παρουσιάστηκε και σε προηγούμενη ενότητα. Στην Οθόνη 17 τα δεδομένα έχουν ταξινομηθεί κατά φθίνουσα τάξη με βάση των αριθμό των μετοχών που συνθέτουν κάθε δείκτη.
- με την επιλογή κάποιου δείκτη, στο δεξί τμήμα της οθόνης παρουσιάζεται σε μορφή γραφήματος η πορεία της αξίας του δείκτη το τελευταίο έτος με δεδομένα ημερησίας συχνότητας. Σημειώνεται ότι για κάθε ημερήσια μέτρηση, με βάση το κάθετο μήκος της γραμμής, παρουσιάζεται η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της αξίας του δείκτη για την συγκεκριμένη ημέρα. Το διάγραμμα αυτό παρουσιάζεται και στην **Οθόνη 19** που ακολουθεί.



Οθόνη B.19 : Γραφική παράσταση πορείας δείκτη το τελευταίο έτος

ΒΗΜΑ 2^ο

Αφού ο χρήστης επιλέξει τον δείκτη που επιθυμεί να ακολουθήσει, καλείται να επιλέξει και το σύνολο των μετοχών που θα αποτελούν το περιβάλλον της διαδικασίας της βελτιστοποίησης. Σημειώνεται ότι όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο Κεφάλαιο, επιλέξαμε το σύνολο των διαθέσιμων μετοχών να είναι οι μετοχές που συνθέτουν στην πραγματική αγορά των δείκτη που επιλέγουμε να παρακολουθήσουμε κάθε φορά.

Στην **Οθόνη 20** που ακολουθεί, ο χρήστης καλείται να επιλέξει τις μετοχές που θέλει να συμμετέχουν στην διαδικασία και στη συνέχεια να πατήσει με το ποντίκι το κουμπί “*Next*” προκειμένου να προχωρήσει στο επόμενο βήμα.

Symbol	Company Name	Price (£)	Change (%)
<input checked="" type="checkbox"/> AALL	Anglo American plc	1287.50	-32.50
<input checked="" type="checkbox"/> ABFL	Associated British Foods plc	3187.1001	+5.1001
<input checked="" type="checkbox"/> ADM.L	Admiral Group plc	1270.00	-14.00
<input checked="" type="checkbox"/> ADN.L	Aberdeen Asset Management PLC	462.30	+0.60
<input checked="" type="checkbox"/> AGK.L	Aggreko plc	1573.00	-1.00
<input checked="" type="checkbox"/> AHT.L	Astead Group plc	1085.00	+16.00
<input checked="" type="checkbox"/> ANTOL	Antofagasta plc	732.50	-6.50
<input checked="" type="checkbox"/> ARML	ARM Holdings plc	923.4999	+8.50
<input checked="" type="checkbox"/> AVL	Aviva plc	506.00	+1.00
<input checked="" type="checkbox"/> AZN.L	AstraZeneca PLC	4712.00	+37.50
<input checked="" type="checkbox"/> BAE.L	BAE Systems plc	483.40	+4.50
<input checked="" type="checkbox"/> BAE.L	Babcock International Group plc	1133.00	+8.00
<input checked="" type="checkbox"/> BARC.L	Barclays PLC	246.25	+2.45
<input checked="" type="checkbox"/> BATS.L	British American Tobacco plc	3726.50	-16.50
<input checked="" type="checkbox"/> BGL	BG Group plc	914.9999	-21.4001
<input checked="" type="checkbox"/> BLND.L	The British Land Company Public Limited ...	774.50	+3.00
<input checked="" type="checkbox"/> BLT.L	BHP Billiton plc	1496.50	-22.00
<input checked="" type="checkbox"/> BNZ.L	Bunzl plc	1785.00	+6.9999
<input checked="" type="checkbox"/> BP.L	BP p.l.c.	429.00	-7.85
<input checked="" type="checkbox"/> BRBY.L	Burberry Group plc	1669.00	+36.00
<input checked="" type="checkbox"/> BT-AL	BT Group plc	410.00	+1.70
<input checked="" type="checkbox"/> CCH.L	COCA-COLA HBC N	1412.00	+11.00
<input checked="" type="checkbox"/> CCLL	Carnival plc	2753.00	+35.00
<input checked="" type="checkbox"/> CNAL	Centrica plc	285.20	+0.80
<input checked="" type="checkbox"/> CPG.L	Compass Group PLC	1095.00	-2.00
<input checked="" type="checkbox"/> CPL	Capita plc	1053.00	+1.00
<input checked="" type="checkbox"/> CRH.L	CRH plc	1568.00	+33.00
<input checked="" type="checkbox"/> DCL	DIXONS CARPHONE	439.50	+1.20
<input checked="" type="checkbox"/> DGE.L	Diageo plc	1951.99	+6.9899
<input checked="" type="checkbox"/> DLGL	Direct Line Insurance Group PLC	291.00	+0.50
<input checked="" type="checkbox"/> EXPN.L	Experian plc	1071.00	+13.00
<input checked="" type="checkbox"/> FTSE	FTSE 100	6716.60	-25.50
<input checked="" type="checkbox"/> FRES.L	Friends Life Group Limited	378.713	+0.413
<input checked="" type="checkbox"/> FRES.L	Fresnillo PLC	726.50	-11.00
<input checked="" type="checkbox"/> GKN.L	GKN plc	348.70	+2.30

Οθόνη B.20 : Επιλογή μετοχών

Όπως και στο προηγούμενο βήμα, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ταξινομήσει τα δεδομένα με βάση τις τιμές οποιασδήποτε στήλης επιθυμεί, καθώς και να εξετάσει την πορεία της κάθε μετοχής το τελευταίο έτος, πατώντας στην αντίστοιχη γραμμή της μετοχής αυτής.

Επιπλέον, σε αυτό το βήμα, λόγω του μεγάλου όγκου των μετοχών που μπορεί να χρειάζεται να επιλέξει ο χρήστης έχουν προστεθεί δύο επιπλέον κουμπιά, τα *“Select All”* και *“Deselect All”*, τα οποία δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει και να ξε-επιλέξει, αντιστοίχως, όλες τις μετοχές με το πάτημα τους.

Σημειώνεται ότι για να μπορεί να προχωρήσει η διαδικασία στο επόμενο βήμα θα πρέπει να έχει επιλεγεί από τον χρήστη τουλάχιστον μια μετοχή στο παρόν βήμα.

ΒΗΜΑ 3^ο

Στην συνέχεια, αφού έχουμε επιλέξει ήδη τον δείκτη και το σύνολο των μετοχών που θα συμμετέχουν στην διαδικασία της βελτιστοποίησης, ο χρήστης καλείται να εισάγει το χρονικό εύρος για το οποίο επιθυμεί να ληφθούν τα ιστορικά κλεισίματα, τόσο του δείκτη όσο και των μετοχών, και για το οποίο θα γίνει η βελτιστοποίηση.

Αυτό το κάνει μέσα από το παράθυρο που εμφανίζεται στην **Οθόνη 21**, στην οποία αφού επιλέξει το διάστημα που επιθυμεί, πρέπει να πατήσει το κουμπί *“Next”* για να προχωρήσει η διαδικασία στο επόμενο βήμα.

Index Tracker - Date Range Selection

Choose the starting and ending dates from the stock prices you want to retrieve. The ending date shouldn't be after today's date.

Next

Cancel

Start Date (from Tue Nov 04 2014)

End Date (until Thu Dec 04 2014)

November 2014						
Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
26	27	28	29	30	31	1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	1	2	3	4	5	6

December 2014						
Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
30	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10

Οθόνη B.21 : Επιλογή εύρους ημερομηνιών για τη διαδικασία βελτιστοποίησης

Επισημαίνεται στο σημείο αυτό ότι για να είναι το χρονικό εύρος έγκυρο θα πρέπει να πληρούνται τα εξής:

- Η ημερομηνία έναρξης θα πρέπει να είναι πριν την σημερινή και προγενέστερη της τελικής ημερομηνίας
- Η ημερομηνία λήξης θα πρέπει να είναι πριν την σημερινή.

Σε περίπτωση που δεν πληρείται κάποιος από τους περιορισμούς θα εμφανιστεί στην οθόνη σχετικό μήνυμα στον χρήστη προκειμένου να επαναλάβει την επιλογή.

ΒΗΜΑ 4^ο

Έχοντας εκτελέσει με επιτυχία όλα τα βήματα που προηγούνται, ο χρήστης σε αυτό το σημείο καλείται να προσδιορίσει όλους τους περιορισμούς της βελτιστοποίησης. Αυτό γίνεται μέσω του παραθύρου που φαίνεται στην **Οθόνη 22**. Σε αυτό το παράθυρο αφού ο χρήστης συμπληρώσει τις τιμές για τα πεδία και για να προχωρήσει στην βελτιστοποίηση του χαρτοφυλακίου πατάει το κουμπί **“Optimize”** που βρίσκεται στο κάτω μέρος της οθόνης.

The screenshot shows a dialog box titled "Index Tracker - Constraints Selection" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is organized into three sections:

- General:**
 - Cash to Invest: 0 £ (currently 0 £ invested)
 - Number of Stocks in TP: 100
 - Stock Proportion Boundaries: 1 (%) to 100 (%)
 - Data Frequency: Daily Weekly Yearly
- Transaction Costs Related:**
 - Transaction Costs: 1 (% of Portfolio Value)
 - Base Points: 50 (*0.01%)
- Enhanced Indexation:**
 - Excessive Return: 0 (% from current Index Return)

At the bottom right, there are two buttons: "Optimize" (highlighted in blue) and "Cancel".

Οθόνη B.22 : Εισαγωγή περιορισμών για αρχική κατασκευή χαρτοφυλακίου

Επισημαίνεται ότι δεν είναι απαραίτητη η συμπλήρωση όλων των πεδίων της φόρμας, αφού έχουν ήδη αρχικοποιηθεί σε ορισμένες τιμές. Πιο συγκεκριμένα για τα επιμέρους πεδία τις φόρμας ισχύουν τα ακόλουθα:

- Το πεδίο “*Cash to Invest*” είναι απαραίτητο να μεταβληθεί αφού δηλώνει το ποσό που επιθυμεί ο χρήστης να επενδύσει στο χαρτοφυλάκιο που καλείται να συνθέσει. Σημειώνεται ότι το ποσό θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο του 0.
- Για το πεδίο “*Number of Stocks in TP*” θα πρέπει ο χρήστης να αλλάξει την τιμή του, αφού η τιμή που έχει αρχικά είναι το σύνολο των μετοχών που έχουμε ορίσει να συμμετέχουν στην διαδικασία. Επιπλέον, θα πρέπει η τιμή που θα συμπληρώσει να είναι μικρότερη από το σύνολο των μετοχών καθώς και μεγαλύτερη του 0.
- Τα πεδία “*Stock Proportion Boundaries*” δεν είναι απαραίτητο να μεταβληθούν και θα πρέπει να σε περίπτωση που ο χρήστης αλλάξει τις τιμές τους να πληρούν τους ακόλουθους περιορισμούς:
 - Το πρώτο πεδίο, που δηλώνει το κατώτατο όριο στη συμμετοχή της κάθε μετοχής στο χαρτοφυλάκιο, να είναι μεγαλύτερο του 0 και μικρότερο του 100, καθώς και η τιμή του να είναι αναγκαστικά μικρότερη της τιμής του δεύτερου πεδίου.
 - Το δεύτερο πεδίο, που δηλώνει το ανώτατο όριο στη συμμετοχή της κάθε μετοχής στο χαρτοφυλάκιο, θα πρέπει να είναι μικρότερο από 100, μεγαλύτερο από 0 και να λάβει μεγαλύτερη τιμή από το κατώτατο όριο.
- Το πεδίο “*Data Frequency*” μπορεί να λάβει όπως φαίνεται μια από τις τιμές που φαίνονται στα radio buttons.
- Το πεδίο “*Transaction Costs*” δεν χρειάζεται να μεταβληθεί από τον χρήστη και πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το 0% και μικρότερο από το 100%. Ενθαρρύνεται ο χρήστης να του δίνει τιμές μεγαλύτερες από 0.25%, γιατί σε περίπτωση που δοθεί μικρότερη είναι πολύ πιθανό η βελτιστοποίηση να προκύψει αδύνατη (**Infeasible**).
- Το πεδίο “*Base Points*” δεν χρειάζεται να μεταβληθεί και οι τιμές που μπορεί να λάβει είναι στο εύρος από 0 (στην μη ρεαλιστική περίπτωση που θεωρήσουμε ότι οι συναλλαγές των μετοχών είναι δωρεάν), έως 10000. Ενθαρρύνονται ωστόσο τιμές στο εύρος 50-100 οι οποίες είναι πιο κοντά στα πραγματικά δεδομένα της αγοράς.
- Τέλος το πεδίο “*Excessive Return*” καλείται να λάβει τιμές από 0% (για απλή παρακολούθηση του δείκτη), έως 100%. Παρόλα αυτά σημειώνεται ότι για τιμές πάνω από 10% είναι πολύ πιθανό το σύστημα να είναι αδύνατο (**Infeasible**).

8.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΟΥ ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ .CSV ΑΡΧΕΙΟ

Στην περίπτωση αυτή, το αρχείο που εισάγει ο χρήστης, δίνει στο σύστημα τις πληροφορίες για τον δείκτη που επιθυμεί να παρακολουθήσει καθώς και το σύνολο των μετοχών στην διαδικασία αυτή. Επιπλέον, προκαθορίζει το χρονικό εύρος των ιστορικών δεδομένων καθώς και τη συχνότητα λήψης αυτών.

Με βάση τα παραπάνω, από τα βήματα που αναλύθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, δεν χρειάζεται να πραγματοποιηθούν τα βήματα 1, 2 και 3.

Αναφορικά με το βήμα 4, που αφορά την εισαγωγή των περιορισμών από τον χρήστη, τα πράγματα είναι όπως προηγουμένως με τη διαφορά ότι απενεργοποιείται η δυνατότητα επιλογής της συχνότητας των ιστορικών δεδομένων, από την στιγμή που αυτή έχει καθοριστεί από το αρχείο των δεδομένων που έχει εισαχθεί.

8.3 ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΟΥ (ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΥΑΗΟΟ!FINANCE)

Στην περίπτωση αυτή, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από την προηγούμενη αναθεώρηση (ή την αρχική σύνθεση) του χαρτοφυλακίου, μπορούμε να λάβουμε σαν πληροφορίες τον δείκτη που επιθυμεί ο χρήστης να παρακολουθήσει καθώς και το σύνολο των μετοχών που συμμετέχουν στην διαδικασία της βελτιστοποίησης. Το σύνολο αυτό προσαρμόζεται κατάλληλα στην περίπτωση που στα δεδομένα της πραγματικής αγοράς η σύσταση του δείκτη έχει αναθεωρηθεί.

Επομένως, από τα βήματα της πρώτης ενότητας δεν χρειάζεται να επαναλάβουμε τα 1 και 2.

Αναφορικά με το βήμα 3, που αφορά την επιλογή του χρονικού εύρους, παραμένει ως έχει, ενώ για το βήμα 4 υπάρχει μια ουσιαστική διαφορά. Το πρώτο πεδίο, το οποίο αφορά το κεφάλαιο προς επένδυση, πλέον δεν αναφέρεται στο συνολικό κεφάλαιο, αλλά στην αλλαγή σε αυτό που επιθυμεί να πραγματοποιήσει ο χρήστης.

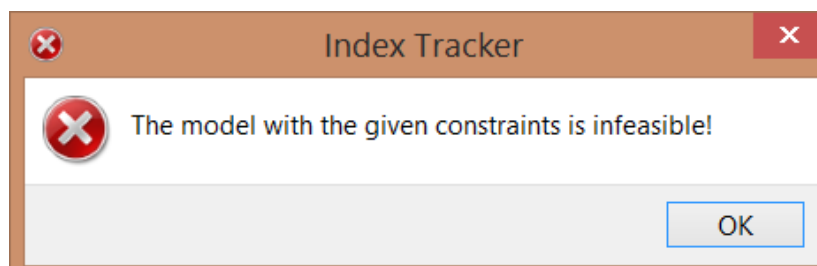
Όπως παρατηρούμε στην **Οθόνη 23**, δεξιά του πεδίου αυτού με κόκκινα γράμματα εμφανίζεται το κεφάλαιο που έχει ήδη επενδυθεί στο συγκεκριμένο χαρτοφυλάκιο. Ο χρήστης επομένως καλείται τώρα να συμπληρώσει στο πεδίο αυτό τα χρήματα που επιθυμεί είτε να προσθέσει (με θετικό πρόσημο, +), είτε να αφαιρέσει (με αρνητικό πρόσημο, -) από το συνολικό επενδυμένο κεφάλαιο.

Σημειώνεται ότι πρέπει το ποσό που θα συμπληρώσει, σε περίπτωση που είναι αρνητικό, να μην υπερβαίνει το κεφάλαιο που έχει επενδύσει μέχρι εκείνη τη στιγμή στο χαρτοφυλάκιο ο χρήστης (αυτό που φαίνεται με κόκκινα γράμματα).

Οθόνη B.23 : Εισαγωγή περιορισμών για αναθεώρηση χαρτοφυλακίου

9. ΑΔΥΝΑΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (INFEASIBILITY)

Στην περίπτωση κατά την οποία το γραμμικό σύστημα που έχει προκύψει από τις επιλογές και τους περιορισμούς του χρήστη είναι ανεπίλυτο, το πληροφοριακό σύστημα θα ενημερώσει τον χρήστη σχετικά με το παράθυρο που φαίνεται στην **Οθόνη 24**.



Οθόνη B.24 : Αδύνατο γραμμικό σύστημα βελτιστοποίησης

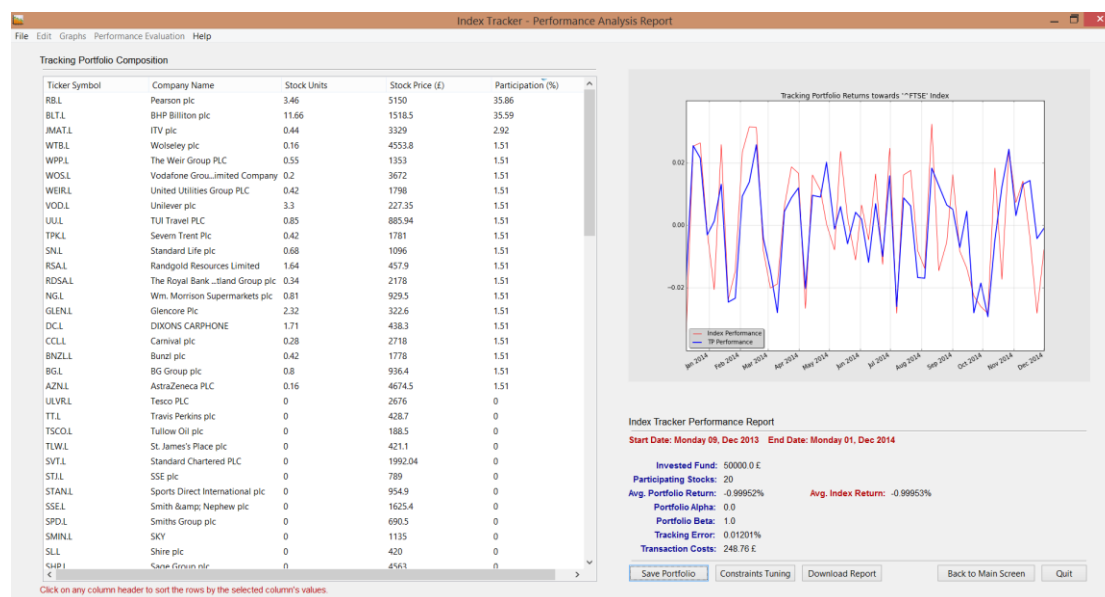
Στην συνέχεια θα οδηγήσει τον χρήστη πίσω στην οθόνη εισαγωγής των περιορισμών προκειμένου ο χρήστης να επαναλάβει την διαδικασία από την αρχή, χωρίς ωστόσο να μπορεί να μεταβάλει τον δείκτη, το σύνολο των μετοχών καθώς

και το χρονικό εύρος και τη συχνότητα των δεδομένων που έχει επιλέξει προηγουμένως.

Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρις ότου προκύψει ένα σύστημα επιλύσιμο, η ο χρήστης επιλέξει να ακυρώσει τη διαδικασία.

10. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Αφού πραγματοποιηθεί η βελτιστοποίηση του γραμμικού συστήματος που προκύπτει από τις επιλογές και τους περιορισμούς που εισάγει ο χρήστης, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανωτέρω διαδικασίας με τον τρόπο που φαίνεται στην **Οθόνη 25**.



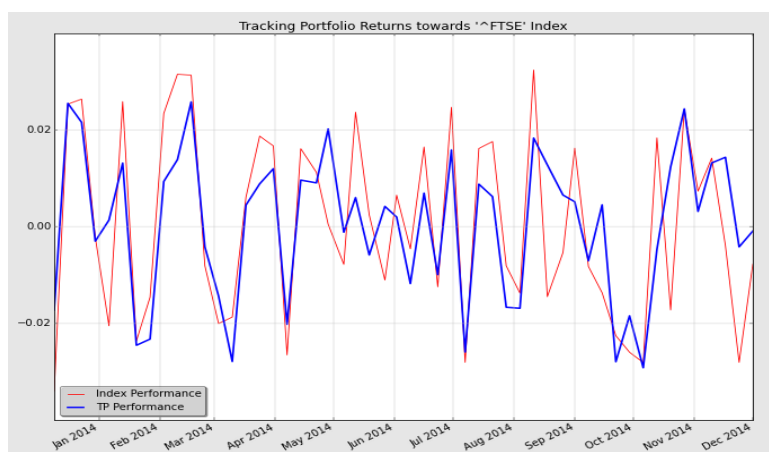
Οθόνη B.25 : Παρουσίαση αποτελεσμάτων βελτιστοποίησης

Στην παραπάνω οθόνη στο αριστερό τμήμα της παρουσιάζεται το χαρτοφυλάκιο αντιστοίχισης που προέκυψε από την διαδικασία. Για το χαρτοφυλάκιο αυτό παρουσιάζονται:

- Κωδικός μετοχής στο χρηματιστήριο (*Ticker Symbol*)
- Όνομα της εταιρίας (*Company Name*)
- Μονάδες με τις οποίες η μετοχή συμμετέχει στο χαρτοφυλάκιο (*Stock Units*)
- Η τιμή της μετοχής (*Stock Price*)
- Η συμμετοχή της μετοχής στο χαρτοφυλάκιο εκφρασμένη σε ποσοστό (*Participation*)

Στο δεξί τμήμα της οθόνης, παρουσιάζονται στο πάνω μέρος το γράφημα που συγκρίνει την πορεία των αποδόσεων του δείκτη με την πορεία των αποδόσεων του χαρτοφυλακίου αντιστοίχισης που προέκυψε, στον χρονικό ορίζοντα που έχει δοθεί από τον χρήστη. Με μπλε χρώμα παρουσιάζεται η πορεία

του χαρτοφυλακίου, ενώ με κόκκινο χρώμα παρουσιάζεται η πορεία του εκάστοτε δείκτη. Το γράφημα αυτό φαίνεται και στην **Οθόνη 26**.



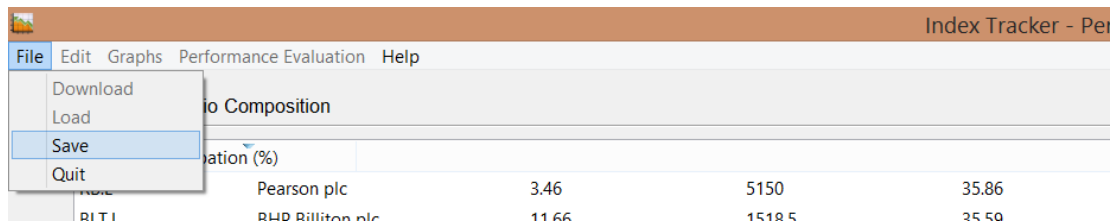
Οθόνη Β.26 : Γραφική παράσταση συγκριτικής πορείας δείκτη και χαρτοφυλακίου

Στο κάτω μέρος του δεξιού τμήματος της οθόνης παρουσιάζονται στοιχεία για το χαρτοφυλάκιο και την απόδοση του μοντέλου. Τα στοιχεία αυτά είναι τα εξής:

- Το επενδυμένο κεφάλαιο (*Invested Capital*)
- Ο αριθμός των συμμετεχόντων μετοχών (*Participating Stocks*)
- Η μέση απόδοση του χαρτοφυλακίου (*Avg. Portfolio Return*) και η μέση απόδοση του δείκτη (*Avg. Index Return*) στο διάστημα που καθόρισε ο χρήστης.
- Ο συντελεστής της τεταγμένης της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ των αποδόσεων του δείκτη και χαρτοφυλακίου (*Portfolio Alpha*)
- Ο συντελεστής της κλίσης της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ των αποδόσεων του δείκτη και χαρτοφυλακίου (*Portfolio Beta*)
- Το σφάλμα αντιστοίχισης του χαρτοφυλακίου (*Tracking Error*)
- Τα συνολικά κόστη συναλλαγών που υπεισήλθαν στη διαδικασία κατασκευής/αναθεώρησης του χαρτοφυλακίου (*Transaction Costs*)

Ο χρήστης στην παραπάνω οθόνη έχει τις εξής δυνατότητες:

- Να ταξινομήσει τα δεδομένα του χαρτοφυλακίου με βάση τις τιμές της στήλης που θέλει, πατώντας την επικεφαλίδα της αντίστοιχης στήλης. Να αποθηκεύσει το χαρτοφυλάκιο που παράχθηκε στη βάση δεδομένων του συστήματος. Ο χρήστης μπορεί να το κάνει αυτό με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι μέσα από το κουμπί **“Save Portfolio”** που βρίσκεται στο κάτω μέρος της οθόνης και ο δεύτερος είναι μέσα από το menu της εφαρμογής επιλέγοντας **“File” > “Save “**, όπως φαίνεται και στην **Οθόνη 27** που ακολουθεί.



Οθόνη B.27 : Επιλογή αποθήκευσης παραχθέντος χαρτοφυλακίου

- Να πραγματοποιήσει λήψη του αρχείου της αναφοράς για την βελτιστοποίηση που πραγματοποιήθηκε και του χαρτοφυλακίου που συντέθηκε. Αυτό μπορεί να το κάνει μέσα από το κουμπί **“Download Report”** και ο τρόπος αποθήκευσης καθώς και το αρχείο που παράγεται είναι ίδιας ακριβώς μορφής όπως στην Ενότητα 5, για το αρχείο της αναφοράς του τρέχοντος χαρτοφυλακίου.
- Να επανεισάγει τις τιμές για τους περιορισμούς του μοντέλου εφόσον τα αποτελέσματα που προκύψουν δεν τον ικανοποιούν τις επιθυμίες και την συνάδουν με την επενδυτική πολιτική του χρήστη. Αυτό γίνεται πατώντας στο κουμπί **“Constraints Tuning”**. Η επιλογή αυτή θα οδηγήσει τον χρήστη πίσω στην οθόνη εισαγωγής των περιορισμών, χωρίς ωστόσο να του δίνει την δυνατότητα να αλλάξει τον χρονικό ορίζοντα ή την συχνότητα των ιστορικών δεδομένων της βελτιστοποίησης.
- Τέλος, μέσα από τα κουμπιά **“Back to Main Screen”** και το **“Quit”** ο χρήστης μπορεί είτε να επιστρέψει στην αρχική οθόνη της εφαρμογής, είτε να την τερματίσει.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Allen B. Downey. (2012). Think Complexity: Complexity Science and Computational Modeling. O'Reilly Media.

B. B. Agarwal, S. P. Tayal, M. Gupta. (2010). Software engineering & testing: an introduction. Jones & Barlett Learning.

Bradley N. Miller. (2005). Problem Solving with Algorithms and Data Structures Using Python. Franklin Beedle & Associates.

Chandan Sengupta. (2004). Financial Modeling Using Excel and VBA. John Wiley & Sons, Inc.

Gurobi Optimization. (2013). Gurobi Optimizer Reference Manual. Gurobi Optimization, Inc.

Harry M. Markowitz. (1991). Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments. Wiley-Blackwell Publishing.

Harry M. Markowitz, G. Peter Todd, William F. Sharpe. (2000). Mean-Variance analysis in portfolio choice and capital markets. John Wiley and Sons.

Harry Percival. (2013). Test Driven Development with Python. O'Reilly Media.

Mark Pilgrim. (2004). Dive into Python. Apress.

Mary Jackson, Mike Staunton. (2001). Advanced Modelling in Finance using Excel and VBA. John Wiley & Sons, LTD.

Noel Rappin, Robin Dunn. (2006). wxPython in Action. Manning Publications Co.

Robert Alan Hill. (2010). Portfolio Theory & Financial Analyses. Ventus Publishing ApS.

Simon Benninga. (2008). Financial Modeling, 3rd Edition. MIT Press.

T. J. O'Connor. (2012). Violent Python: A Cookbook for Hackers, Forensic Analysts, Penetration Testers and Security Engineers. Syngress Publishing.

Μιχάλης Δούμπος (2008). Μαθηματικός Χρηματοοικονομικός Λογισμός. Πολυτεχνείο Κρήτης.

Π. Ευδώρας. (2010). Ολοκληρωμένη μεθοδολογία και πληροφοριακό σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για τη διαχείριση μετοχικών χαρτοφυλακίων. Διδακτορική Διατριβή, Ε.Μ.Π., Αθήνα.

Π. Ευδώνας, Ι. Ψαρράς, Κ. Ζοπουνίδης. (2010). Διαχείριση χαρτοφυλακίων με πολλαπλά κριτήρια: Θεωρία και πράξη. Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.

Π. Ευδώνας, Ι. Ψαρράς, Κ. Ζοπουνίδης. (2010). Σύγχρονη θεωρία χαρτοφυλακίου. Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.

ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΕ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ

A. A. Gaivoronoski, S. Krylov, N. van der Wijst. (2005). Optimal portfolio selection and dynamic benchmark tracking. *European Journal of Operational Research* 163 (2005) 115–131.

A. Consiglio, S.A. Zenios. (2001). Integrated simulation and optimization models for tracking international fixed income indices. *Mathematical Programming* 89 (2001) 311–339.

A. Rudd. (1980). Optimal selection of passive portfolios. *Financial Management* (Spring 1980) 57–66.

B. Boscailon, G. Filbeck, X. Zhao. (2011). Why track inefficiency?. *The Journal of Index Investing*, Winter 2011, Vol. 2, No. 3: pp. 28-36.

C. Alexander. (1999). Optimal hedging using cointegration. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A – Mathematical Physical and Engineering Sciences* 357 (1999) 2039–2058.

C. Alexander, A. Dimitriu. (2005). Indexing and statistical arbitrage: Tracking error or cointegration?. *Journal of Portfolio Management* 31 (2005) 50–63

C. Dose, S. Cincotti. (2005). Clustering of financial time series with application to index and enhanced index tracking portfolio. *Physica A – Statistical Mechanics and Its Applications* 355 (2005) 145–151.

C. Gomes, H. Waelbroeck. (2010). Transaction Cost Analysis to Optimize Trading Strategies. *The Journal of Trading*, 2010, Vol.5, No.4: pp. 29-38.

C. J. Adcock, N. Meade. (1994). A simple algorithm to incorporate transaction costs in quadratic optimization. *European Journal of Operational Research* 79 (1994) 85–94.

D. B. Keim. (1999). An analysis of mutual fund design: The case of investing in small-cap stocks. *Journal of Financial Economics* 51 (1999) 173–194.

D. Colwell, N. El-Hassan, O. K. Kwon. (2007). Hedging diffusion processes by local risk minimization with applications to index tracking. *Journal of Economic Dynamics and Control* 31 (2007) 2135–2151.

D. D. Yao, S. Zhang, X. Y. Zhou. (2006). Tracking a financial benchmark using a few assets. *Operations Research* 54 (2006) 232–246.

- F. Corielli, M. Marcellino. (2006). Factor based index tracking. *Journal of Banking and Finance* 30 (2006) 2215–2233.
- G. A. Larsen Jr., B. G. Resnick. (1998). Empirical insights on indexing. *The Journal of Portfolio Management* 25 (1) (1998) 51–60.
- G. Bamberg, N. Wagner. (2000). Equity index replication with standard and robust regression estimators. *OR Spektrum* 22 (2000) 525–543.
- G. Connor, H. Leland. (1995). Cash management for index tracking. *Financial Analysts Journal* 51 (6) (1995) 75–80.
- G. Dorfleitner. (1999). A note on the exact replication of a stock index with a multiplier rounding method. *OR Spectrum* 21 (1999) 493–502.
- Harry M. Markowitz. (1952). Portfolio selection. *Journal of Finance* 7 (1952) 77–91.
- H. C. Rohweder. (1998). Implementing stock selection ideas: Does tracking error optimization do any good?. *The Journal of Portfolio Management* 24 (3) (1998) 49–59.
- H. Konno, T. Hatagi. (2005). Index-plus-alpha tracking under concave transaction cost. *Journal of Industrial and Management Optimization* 1 (2005) 87–98.
- I. R. C. Buckley, R. Korn. (1998). Optimal index tracking under transaction costs and impulse control. *International Journal of Theoretical and Applied Finance* 1 (3) (1998) 315–330.
- J. E. Beasley, N. Meade, T. J. Chang. (2003). An evolutionary heuristic for the index tracking problem, *European Journal of Operational Research* 148 (2003) 621–643.
- J.E. Beasley, M. Woodside-Oriakhi, C. Lucas. (2013). Portfolio rebalancing with an investment horizon and transaction costs. *Omega* 41 (2) (2013) 406-420
- J.E. Beasley, H. Mezali. (2013). Quantile regression for index tracking and enhanced indexation. *Journal of Operational Research Society* 64 (2013) 1676-1692
- K. J. Oh, T. Y. Kim, S. Min. (2005). Using genetic algorithm to support portfolio optimization for index fund management. *Expert Systems with Applications* 28 (2005) 371–379.
- K. J. Worzel, C. Vassiadou-Zeniou, S. A. Zenios. (1994). Integrated simulation and optimization models for tracking indices of fixed-income securities. *Operations Research* 42 (1994) 223–233.
- L. Yu, S. Zhang, X. Y. Zhou. (2006). A downside risk analysis based on financial index tracking models. *Stochastic Finance Springer* (2006) 213–236.
- L. C. Wu, S. C. Chou, C. C. Yang, C. S. Ong. (2007). Enhanced index investing based on goal programming. *Journal of Portfolio Management* 33 (3) (2007) 49–56.

- M. Ammann, H. Zimmermann. (2001). Tracking error and tactical asset allocation. *Financial Analysts Journal* 57 (2) (2001) 32–43.
- M. Gilli, E. Kellezi. (2002). The threshold accepting heuristic for index tracking. *Financial Engineering E-Commerce and Supply Chain Kluwer Applied Optimization Series* (2002) 1–18.
- M. Rudolf, H. J. Wolter. (1999). H. Zimmermann, A linear model for tracking error minimization. *Journal of Banking & Finance* 23 (1999) 85–103.
- N. A. Canagkoz, J. E. Beasley. (2008). Mixed-integer programming approaches for index tracking and enhanced indexation. *European Journal of Operational Research* 196 (2008) 384–399.
- N. Meade, J.E. Beasley. (2011). Detection of momentum effects using an index out-performance strategy. *Quantitative Finance* 11 (2) (2011) 313–326
- N. Meade, G. R. Salkin. (1989). Index funds—construction and performance measurement. *Journal of the Operational Research Society* 40 (1989) 871–879.
- N. Meade, G. R. Salkin. (1990). Developing and maintaining an equity index fund. *Journal of the Operational Research Society* 41 (1990) 599–607.
- N. Okay, U. Akman. (2003). Index tracking with constraint aggregation. *Applied Economics Letters* 10 (2003) 913–916.
- P. Xidonas, G. Mavrotas, D. Askounis, J. Psarras. (2009). Portfolio engineering using the IPSSIS multiobjective optimization decision support system. *International Journal of Decision Sciences Risk and Management* 1 (1/2) (2009) 36–53.
- P. Xidonas, G. Mavrotas. (2012). Multiobjective portfolio optimization with non-convex policy constraints: Evidence from the Eurostoxx 50. *The European Journal of Finance* 20 (11) (2012) 957–997
- R. A. Haugen, N. L. Baker. (1994). Dedicated stock portfolios. *The Journal of Portfolio Management* 16 (4) (1990) 17–22.
- R. Jansen, R. van Dijk. (2002). Optimal benchmark tracking with small portfolios. *Journal of Portfolio Management* 28 (2002) 33–39.
- R. Roll. (1992). A mean/variance analysis of tracking error. *The Journal of Portfolio Management* 18 (4) (1992) 13–22.
- S. A. Zenios, M. R. Holmer, R. McKendall, C. Vassiadou-Zeniou. (1998). Dynamic models for fixed-income portfolio management under uncertainty. *Journal of Economic Dynamics and Control* 22 (1998) 1517–1541.

- S. Browne. (1999). Beating a moving target: Optimal portfolio strategies for outperforming a stochastic benchmark. *Finance and Stochastic* 3 (1999) 275–294.
- S. D. Hodges. (1976). Problems in the application of portfolio selection models. *Omega* 4 (6) (1976) 699–709.
- S. M. Focardi, F. J. Fabozzi. (2004). A methodology for index tracking based on timeseries clustering. *Quantitative Finance* 4 (2004) 417–425.
- T. F. Coleman, Y. Li, J. Henniger. (2006). Minimizing tracking error while restricting the number of assets. *Journal of Risk* 8 (2006) 33–56.
- U. Derigs, N. H. Nickel. (2003). Meta-heuristic based decision support for portfolio optimization with a case study on tracking error minimization in passive portfolio management. *OR Spectrum* 25 (2003) 345–378.
- W. M. Toy, M. A. Zurack. (1989). Tracking the Euro-Pac index. *The Journal of Financial Analysts Journal* 55 (1) (1999) 63–72.
- Y. Fang, S. Y. Wang. (2005). A fuzzy index tracking portfolio selection model. *Lecture Notes in Computer Science* 3516 (2005) 554–561.
- Y. Tabata, E. Takeda. (1995). Bicriteria optimization problem of designing an index fund. *Journal of the Operational Research Society* 46 (1995) 1023–1032.