Εθνικο Μετσοβιο Πολυτεχνειο
Σχολη Ηλεκτρολογων Μηχανικων και Μηχανικων Υπολογιστων
Τομεας Ηλεκτρικων Βιομηχανικων Διαταξεων
Και Συστηματων Αποφασεων

Αξιοποίηση διατεταγμένων πιθανοτικών προβλέψεων για την κατασκευή αποδοτικών χαρτοφυλακίων

Διπλωματικη Εργασια

της

ΣΟΦΙΑΣ - ΜΑΡΙΑΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΑΔΟΥ

Επιβλέπων: Ασημακόπουλος Βασίλειος
Ομότιμος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2025

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων
Και Συστημάτων Αποφάσεων

Αξιοποίηση διατεταγμένων πιθανοτικών προβλέψεων για την κατασκευή αποδοτικών χαρτοφυλακίων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

ΣΟΦΙΑΣ - ΜΑΡΙΑΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΑΔΟΥ

Επιβλέπων: Ασημακόπουλος Βασίλειος
Ομότιμος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 20η Φεβρουαρίου 2025.

(Υπογραφή)	*(Υπογραφή)*	*(Υπογραφή)*
.....	.....	.....
Ασημακόπουλος Βασίλειος	Ευάγγελος Μαρινάκης	Δημήτριος Ασκούνης
Ομότιμος Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2025

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων
Και Συστημάτων Αποφάσεων

(Υπογραφή)

.....
Σοφία-Μαρία Ευστρατιάδου
Διπλωματούχος
Ηλεκτρολόγος και
Μηχανικός Υπολογιστών
Ε.Μ.Π

20η Φεβρουαρίου 2025

Copyright © – All rights reserved. Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Σοφία-Μαρία Ευστρατιάδου
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π, 2025.

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 τους συγγραφείς.

Το περιεχόμενο αυτής της εργασίας δεν απηχεί απαραίτητα τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, του Επιβλέποντα, ή της επιτροπής που την ενέκρινε.

στην οικογένειά μου

Περίληψη

Η έννοια της πρόβλεψης είναι άρρηκτα συνυφασμένη με τον κλάδο της επιχειρησιακής έρευνας. Η αυξανόμενη αβεβαιότητα στον σύγχρονο κόσμο επιτάσσει την συστηματική έρευνα του μέλλοντος, προκειμένου να καθίσταται εφικτή η λήψη ορθών αποφάσεων σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Υπό αυτό το πρίσμα, σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η αξιοποίηση διατεταγμένων πιθανοτικών προβλέψεων στον τομέα της βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίου. Για τον σκοπό αυτό, κατασκευάζεται μια πληθώρα επενδυτικών στρατηγικών, που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα κινδύνου και αποδόσεων, οι οποίες χρησιμοποιούν διατεταγμένες πιθανοτικές προβλέψεις που προέρχοναται από τον διαγωνισμό M6. Χρησιμοποιώντας ως μέτρο απόδοσης τον Δείκτη Πληροφορίας (Information Ratio), επιδιώκουμε τον βέλτιστο συνδυασμό των εν λόγω στρατηγικών, προκειμένου να μεγιστοποιηθούν τα κέρδη του εκάστοτε επενδυτή, λαμβάνοντας υπόψιν και την αβεβαιότητα που υπεισέρχεται σε κάθε επενδυτική απόφαση. Οι στρατηγικές που προκύπτουν ομαδοποιούνται στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο K-Μέσων (K-Means) ως προς τον κίνδυνο που εμπεριέχουν. Παράλληλα, αναπτύσσεται μία παραλλαγή της μεθοδολογίας του Markowitz, συμβατή με την παροχή διατεταγμένων πιθανοτικών προβλέψεων, η οποία χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς για τις υπόλοιπες στρατηγικές που κατασκευάζονται. Συγκρίνουμε τις στρατηγικές που κατασκευάστηκαν τόσο με τη μεθοδολογία Markowitz όσο και με τα καλύτερα αποτελέσματα του διαγωνισμού M6 και επιτυγχάνουμε σημαντικές βελτιώσεις στους δείκτες απόδοσης.

Της παραπάνω μελέτης προηγείται η θεωρητική παρουσίαση και θεμελίωση των εννοιών που άπτονται του κλάδου της θεωρίας χαρτοφυλακίου, καθώς επίσης και του ιδιαίτερα δυναμικού κλάδου των προβλέψεων. Επιπλέον γίνεται εκτενής περιγραφή του διαγωνισμού προβλέψεων M6 που αποτελεί την πηγή των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν.

Λέξεις Κλειδιά

Διατεταγμένες Πιθανοτικές Προβλέψεις, Βελτιστοποίηση Χαρτοφυλακίου, Απόδοση, Κίνδυνος, Επενδυτική Στρατηγική

Abstract

The concept of forecasting is inextricably intertwined with the field of Operations Research. Increasing uncertainty in the modern world necessitates a systematic investigation of the future,to enable informed decision-making across all areas of human activity.

Within this context, the purpose of the present thesis is to exploit probabilistic forecasts for portfolio optimization. To that end, a variety of investment strategies is constructed, covering a wide range of risks and returns, all of which use ordered probabilistic forecasts derived from the M6 competition. Using the Information Ratio as a performance measure, we aim to find the optimal combination of these strategies so as to maximize each investor's profits, taking into account the uncertainty inherent in every investment decision. The resulting strategies are grouped using the K-Means algorithm so that conclusions can be drawn regarding each type of portfolio construction strategy.Furthermore, a variation of the Markowitz methodology is developed—compatible with the provision of ordered probabilistic forecasts—which is thoroughly examined and used as a benchmark for the other strategies developed. We compare the results both with the Markowitz methodology and with other popular benchmarks as well as the top results from the M6 competition, achieving significant improvements in performance metrics.

Prior to this study, a theoretical presentation and foundation of the relevant concepts is provided, touching on the field of portfolio theory and the particularly dynamic field of forecasting. In addition, there is an extensive description of the M6 forecasting competition, which is the source of the data used.

Keywords

Probabilistic Forecasting, Portfolio Optimization, Performance, Risk, Investment Strategy

Ευχαριστίες

Η διπλωματική αυτή εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2024-2025 στα πλαίσια των ερευνητικών δραστηριοτήτων της Μονάδας Προβλέψεων και Στρατηγικής της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω τον Καθηγητή του τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων κ. Βασίλειο Ασημακόπουλο ο οποίος μου έδωσε την ευκαιρία να εκπονήσω υπό την επίβλεψή του την παρούσα διπλωματική εργασία στον τομέα της βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίου. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή κ. Δ. Ασκούνη και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Ε. Μαρινάκη για την τιμή που μου έκαναν να συμμετάσχουν στην επιτροπή εξέτασης της διπλωματικής μου εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον συντονιστή της Μονάδας Προβλέψεων και Στρατηγικής και υπεύθυνο της παρούσας εργασίας Επίκουρο Καθηγητή κ.Ευάγγελο Σπηλιώτη. Η καθοδήγηση και οι πολύτιμες συμβουλές του σε κάθε φάση εκπόνησης της συγκεκριμένης εργασίας ήταν καθοριστικές. Η στήριξη και το ενδιαφέρον του αποτελούν παράδειγμα αφοσίωσης στο εκπαιδευτικό και ερευνητικό έργο.

Τέλος, ευχαριστώ όσους με στήριξαν καθ΄όλη τη διάρκεια των σπουδών μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Η συναισθηματική τους υποστήριξη διαμόρφωσε ανθρώπινες σχέσεις που θα αντέξουν στον χρόνο.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2025

Σοφία-Μαρία Ευστρατιάδου
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π

Περιεχόμενα

Περίληψη **7**

Abstract **9**

Ευχαριστίες **11**

1 Εισαγωγή **21**
1.1 Αντικείμενο διπλωματικής εργασίας 21
1.2 Οργάνωση του τόμου 22

2 Θεωρία Χαρτοφυλακίου **23**
2.1 Εισαγωγή στην έννοια του Χαρτοφυλακίου 23
2.2 Σύγχρονη Θεωρία Χαρτοφυλακίου 25
2.3 Χαρακτηριστικά περιουσιακών στοιχείων και χαρτοφυλακίου 27
2.3.1 Συμβιβασμός μεταξύ της απόδοσης και του κινδύνου 27
2.3.2 Ρευστότητα 37
2.3.3 Διαφοροποίηση 38
2.4 Χρησιμότητα Χαρτοφυλακίου (Portfolio utility) 39
2.5 Καμπύλες Αδιαφορίας 40
2.6 Μοντέλο Απλού Δείκτη και Μοντέλο Αποτίμησης Περιουσιακών Στοιχείων . 41
2.6.1 Μοντέλο Απλού Δείκτη- Single-Index Model (SIM) 41
2.6.2 Μοντέλο Αποτίμησης Περιουσιακών Στοιχείων-Capital Asset Pricing Model (CAPM) 42
2.7 Επενδυτικές Στρατηγικές 43
2.7.1 Παθητικές Επενδυτικές Στρατηγικές 43
2.7.2 Ενεργητικές Επενδυτικές Στρατηγικές 43

3 Προβλέψεις **47**
3.1 Εισαγωγή στις Χρονοσειρές 47
3.2 Διαδικασία πρόβλεψης 48
3.3 Στατιστικές Μέθοδοι Πρόβλεψης 49
3.3.1 Αφελής Μέθοδος 49
3.3.2 Μέθοδοι Μέσου Όρου 49
3.3.3 Μέθοδοι Εκθετικής Εξομάλυνσης 50
3.3.4 Μοντέλα ARIMA 53
3.3.5 Μέθοδος Θ 54

3.3.6 Απλή και Πολλαπλή Παλινδρόμηση 55
3.4 Σφάλματα 56
3.5 Πιθανοτικές Μέθοδοι Πρόβλεψης 57
3.5.1 Διαστήματα Εμπιστοσύνης 57
3.5.2 Ποσοστημόρια 58
3.5.3 Μορφές και μέθοδοι πιθανοτικών προβλέψεων 59

4 Ο διαγωνισμός προβλέψεων M6 65
4.1 Οι προηγούμενοι διαγωνισμοί προβλέψεων 65
4.2 Εισαγωγή στον διαγωνισμό M6 67
4.3 Δεδομένα 67
4.4 Διαδικασία και Χρονοδιάγραμμα 69
4.5 Υποβολές 69
4.6 Σχεδιαστικές καινοτομίες 70
4.7 Αξιολόγηση της επίδοσης 72
4.7.1 Αξιολογώντας την επίδοση των προβλέψεων 72
4.7.2 Αξιολογώντας την επίδοση των επενδυτικών αποφάσεων 73
4.7.3 Αξιολογώντας τη συνδυαστική επίδοση των προβλέψεων και των επενδυτικών αποφάσεων 74
4.8 Συμμετέχουσες ομάδες 74
4.9 Σημαντικά αποτελέσματα που επικυρώθηκαν στον διαγωνισμό προβλέψεων M6 75
4.10 Το παράδοξο της σχέσης των προβλέψεων και των επενδύσεων 77

5 Στρατηγικές και Πειραματική Διαδικασία 79
5.1 Στρατηγικές θέσεων αγοράς (Long Position Strategies) 79
5.2 Στρατηγικές θέσεων πώλησης (Short Position Strategies) 86
5.3 Μικτές Στρατηγικές 91
5.4 Η Μεθοδολογία Markowitz: Το Σημείο Αναφοράς 94
5.4.1 Περιορισμοί 95

6 Αποτελέσματα και Ανάλυση 97
6.1 Αποτελέσματα από την χρήση στρατηγικών θέσεων αγοράς 97
6.2 Αποτελέσματα από την χρήση στρατηγικών θέσεων πώλησης 103
6.3 Αποτελέσματα από την χρήση μικτών στρατηγικών 110
6.3.1 Μίξη αντίστοιχων στρατηγικών θέσεων αγοράς και πώλησης 110
6.3.2 Μίξη μη-αντίστοιχων στρατηγικών θέσεων αγοράς και πώλησης 114
6.4 Μία προσέγγιση της μεθοδολογίας Markowitz 117

7 Επίλογος 121
7.1 Συμπεράσματα 121
7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις 123

Βιβλιογραφία 129

Κατάλογος Σχημάτων

2.1 Η επίδραση της διαφοροποίησης σε ένα επενδυτικό χαρτοφυλάκιο 32
2.2 Γραφική απεικόνιση του Αποδοτικού Συνόρου στη βελτιστοποίηση χαρτοφυλακίου. 34
2.3 Γραφική απεικόνιση της Γραμμής Κεφαλαιαγοράς (CML) και του Εφαπτόμενου Χαρτοφυλακίου στη θεωρία χαρτοφυλακίου. 35
2.4 Καμπύλες Αδιαφορίας [1] 41

6.1 Το αποτέλεσμα της ομαδοποίησης μικτών στρατηγικών με βάση το ρίσκο που ενέχουν. 111
6.2 Τα κεντροειδή όλων των προαναφερθέντων ομάδων στρατηγικών στο επίπεδο αποδοχών - τυπικής απόκλισης αποδοχών. 112

Κατάλογος Εικόνων

6.1 Το αποτέλεσμα της ομαδοποίησης στρατηγικών θέσεων αγοράς με βάση το ρίσκο που ενέχουν. 98
6.2 Οι ασφαλείς στρατηγικές. 99
6.3 Το μέσο IR των διαφόρων ομάδων στρατηγικών θέσεων αγοράς. 100
6.4 Οι καλύτερες και οι χειρότερες στρατηγικές θέσεων αγοράς με βάση το IR τους. 100
6.5 Η επίδραση της διαφοροποίησης στο IR των στρατηγικών θέσεων αγοράς. . . 101
6.6 Σύγκριση μεταξύ των μηνιαίων επιδόσεων safe και very risky στρατηγικών θέσεων αγοράς. 102
6.7 Η επίδραση του μεγέθους της επένδυσης στην απόδοση του χαρτοφυλακίου. . 103
6.8 Το αποτέλεσμα της ομαδοποίησης στρατηγικών θέσεων πώλησης με βάση το ρίσκο που ενέχουν. 104
6.9 Το μέσο IR των διαφόρων ομάδων στρατηγικών θέσεων πώλησης. 106
6.10 Οι καλύτερες και οι χειρότερες στρατηγικές θέσεων πώλησης με βάση το IR τους. 106
6.11 Η επίδραση της διαφοροποίησης στο IR των στρατηγικών θέσεων πώλησης. . 107
6.12 Σύγκριση μεταξύ των μηνιαίων επιδόσεων safe και very risky στρατηγικών θέσεων πώλησης. 108
6.13 Η επίδραση του μεγέθους της επένδυσης στην απόδοση του χαρτοφυλακίου θέσεων πώλησης. 109
6.14 Οι καλύτερες και οι χειρότερες μικτές στρατηγικές με βάση το IR τους. . . . 113
6.15 Η απόδοση των διαφόρων benchmarks καθόλη τη διάρκεια του υπό εξέταση χρόνου. 114
6.16 Η απόδοση των καλύτερων και χειρότερων στρατηγικών που προέκυψαν από την διαδικασία μίξης μη αντίστοιχων στρατηγικών. 115
6.17 Η απόδοση όλων των στρατηγικών που προέκυψαν από την διαδικασία μίξης μη αντίστοιχων στρατηγικών, παρουσιαζόμενες σε heatmap. 115
6.18 Σύγκριση μεταξύ μικτών στρατηγικών και στρατηγικών θέσεων πώλησης ως προς το IR, τα κέρδη, αλλά και την τυπική απόκλιση αυτών. 116
6.19 Σύγκριση των διαφορετικών χαρτοφυλακίων που κατασκευάστηκαν με τη μεθοδολογία του Makowitz ως προς το IR τους 118

Κατάλογος Πινάκων

3.1 Τυπικές τιμές της παραμέτρου t για διαφορετικά επίπεδα εμπιστοσύνης 58

4.1 Το επενδυτικό σύμπαν του M6 [2] 68
4.2 Το χρονοδιάγραμμα του διαγωνισμού προβλέψεων M6 [2] 69
4.3 ένα παράδειγμα της μορφής μιας υποβολής για τον διαγωνισμό προβλέψεων M6 [2] 70
4.4 Ενεργές ομάδες και νέες υποβολές ανά περίοδο. Για κάθε περίοδο αναφέρεται επίσης και το ποσοστό προηγούμενων υποβολών που χρησιμοποιήθηκαν αυτούσιες για την αξιολόγηση και στην επόμενη περίοδο [2] 74

6.1 Κατηγοριοποίηση των στρατηγικών θέσεων αγοράς βάσει του ρίσκου τους. . 98
6.2 Κατηγοριοποίηση των στρατηγικών θέσεων πώλησης βάσει του ρίσκου τους. 104
6.3 Κατηγοριοποίηση των μικτών στρατηγικών με βάση το ρίσκο που φέρουν . . 111
6.4 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα 119

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο διπλωματικής εργασίας

Η παραγωγή αξιόπιστων προβλέψεων αποτελεί θεμέλιο λίθο στη διαδικασία λήψης ορθών αποφάσεων σε όλο το φάσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Ιδιαίτερα στον επιχειρηματικό τομέα οι περισσότερες των αποφάσεων που καλείται να λάβει μια επιχείρηση έχουν άμεση συσχέτιση με την πρόβλεψη και την εκτίμηση μελλοντικών καταστάσεων. Λανθασμένες ενέργειες που προκαλούνται από ασταθή περιβάλλοντα, μη αναμενόμενες εξελίξεις, ασυνέχειες και άλλα αυξάνουν περαιτέρω τις ανάγκες πραγματοποίησης αξιόπιστων προβλέψεων δεδομένης και της εγγενούς αβεβαιότητας του μέλλοντος.

Ο κλάδος των προβλέψεων θεωρείται ιδιαίτερα δυναμικός και παρά τις δυσμενείς κριτικές που έχει δεχθεί, αναφορικά με την ανικανότητα των μεθόδων πρόβλεψης να προειδοποιούν πάντα έγκαιρα για επερχόμενες αλλαγές, συνεχίζει να εξελίσσεται ραγδαία. Οι εν λόγω μέθοδοι καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα πολυπλοκότητας ξεκινώντας από απλές στατιστικές μεθόδους σημειακής πρόβλεψης έως σύνθετες πιθανοτικές προσεγγίσεις που ενσωματώνουν την αβεβαιότητα. Σε αντίθεση με τις ντετερμινιστικές μεθόδους, τα πιθανοτικά μοντέλα πρόβλεψης δεν εξάγουν μια μοναδική εκτίμηση για το προβλεπόμενο μέγεθος, αλλά αντιθέτως αναθέτουν πιθανότητες στο σύνολο των πιθανών ενδεχομένων. Δίνουν έτσι στον αποφασίζων τη δυνατότητα να αξιολογήσει όλα τα εναλλακτικά σενάρια προτού προβεί στη λήψη μιας απόφασης, γεγονός που τις καθιστά ιδιαίτερα διαδεδομένες τα τελευταία χρόνια. Εντούτοις, η παραγωγή αξιόπιστων προβλέψεων δεν συνεπάγεται αυτομάτως την ορθή αξιοποίησή τους κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρεί να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ της ακριβείας των προβλέψεων και της ορθής εφαρμογής τους σε επενδυτικές αποφάσεις. Λαμβάνοντας δεδομένα από τον διαγωνισμό προβλέψεων M6, εστιάζουμε στον τομέα της βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίου και αναπτύσσουμε επενδυτικές στρατηγικές βασισμένες σε πιθανοτικές προβλέψεις. Συνεκτιμώντας τον κίνδυνο και την απόδοση εξετάζουμε εναλλακτικές προσεγγίσεις και αντιπαραβάλλουμε, συγκρίνουμε τις επενδυτικές στρατηγικές που κατασκευάστηκαν με ευρέως χρησιμοποιούμενα επενδυτικά μοντέλα. Δεδομένων σχετικά αξιόπιστων προβλέψεων πετυχαίνουμε σημαντικά καλύτερες αποδόσεις από τους διακριθέντες του διαγωνισμού M6, ως προς τον δείκτη απόδοσης IR, επιτυγχάνοντας να γεφυρώσουμε το χάσμα μεταξύ προβλεπτικής ακριβείας και λήψης ορθών επενδυτικών αποφάσεων.

1.2 Οργάνωση του τόμου

Στο δεύτερο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας γίνεται η απαραίτητη θεωρητική θεμελίωση των βασικών αρχών της Θεωρίας Χαρτοφυλακίου. Παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των περιουσιακών στοιχείων όπως ο κίνδυνος, η απόδοση, η ρευστότητα και η διαφοροποίηση και εξετάζεται η θεωρία χρησιμότητας και οι καμπύλες αδιαφορίας. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μια παρουσίαση των πιο διαδεδομένων παθητικών και ενεργητικών επενδυτικών στρατηγικών τονίζοντας τη σημασία τους στη διαχείριση χαρτοφυλακίου.

Στο τρίτο κεφάλαιο εισάγεται η έννοια της πρόβλεψης, παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των χρονοσειρών και παρατίθενται οι βασικότεροι στατιστικοί δείκτες που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των προβλέψεων. Παράλληλα, με αφετηρία τις σημειακές προβλέψεις αναφέρονται οι πιο κλασσικές προσεγγίσεις, ενώ στη συνέχεια γίνεται μια εισαγωγή στις πιθανοτικές προβλέψεις. Αναδεικνύεται η συνεχώς αυξανόμενη σημασία τους και αναλύονται μερικές από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους παραγωγής πιθανοτικών προβλέψεων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται ο διαγωνισμός M6, ένας διαγωνισμός προβλέψεων που επικεντρώνεται τόσο στην παραγωγή ακριβών πιθανοτικών προβλέψεων όσο και στην αξιοποίησή τους για τη λήψη επενδυτικών αποφάσεων και παρουσιάζονται οι σχεδιαστικές καινοτομίες που τον διαφοροποιούν από προηγούμενους διαγωνισμούς. Επιπλέον, περιγράφονται οι μέθοδοι αξιολόγησης των προβλέψεων και των επενδυτικών αποφάσεων, με έμφαση στο RPS (Ranked Probability Score) για την ακρίβεια των πιθανοτικών προβλέψεων και στο IR (Information Ratio) για τη μέτρηση της επενδυτικής απόδοσης. Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του διαγωνισμού και οι επιδόσεις των συμμετεχόντων, εστιάζοντας στο παράδοξο που αναδείχθηκε μεταξύ της ποιότητας των προβλέψεων και της απόδοσης των χαρτοφυλακίων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι επενδυτικές στρατηγικές που αναπτύχθηκαν με σκοπό τη βελτιστοποίηση χαρτοφυλακίου μέσω της αξιοποίησης πιθανοτικών προβλέψεων. Οι στρατηγικές ταξινομούνται σε τρεις κύριες κατηγορίες: στρατηγικές θέσεων αγοράς (Long Position Strategies), στρατηγικές θέσεων πώλησης (Short Position Strategies) και μικτές στρατηγικές (Mixed Strategies), ανάλογα με το αν προωθούν θέσεις long, short ή έναν συνδυασμό των δύο. Παράλληλα, δίνεται έμφαση στην ομαδοποίηση των στρατηγικών με βάση το επίπεδο κινδύνου που εμπεριέχουν, όπως αυτό προσδιορίζεται από την τυπική απόκλιση των αποδόσεών τους. Επιπλέον, το κεφάλαιο περιλαμβάνει μια προσαρμογή του μοντέλου βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίου του Markowitz, το οποίο τροποποιείται ώστε να ενσωματώσει τις πιθανοτικές προβλέψεις και να χρησιμοποιηθεί ως σημείο αναφοράς στη συνέχεια.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής των προτεινόμενων επενδυτικών στρατηγικών. Χρησιμοποιώντας το μοντέλο του Markowitz ως σημείο αναφοράς οι στρατηγικές συγκρίνονται τόσο μεταξύ τους όσο και με τις διακριθείσες στρατηγικές του διαγωνισμού M6. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι προτεινόμενες στρατηγικές επιτυγχάνουν σημαντικά καλύτερες επιδόσεις στον δείκτη απόδοσης IR, κατορθώνοντας έτσι να γεφυρώσουν το χάσμα μεταξύ ακρίβειας προβλέψεων και ορθών επενδυτικών αποφάσεων, κάτι που αποτελούσε και τον πρωταρχικό στόχο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Κεφάλαιο 2

Θεωρία Χαρτοφυλακίου

Ο σκοπός της θεωρίας χαρτοφυλακίου είναι να δημιουργήσει ένα πλαίσιο για την αποτελεσματική σύνθεση περιουσιακών στοιχείων υπό συγκεκριμένες συνθήκες, επιτρέποντας στους επενδυτές να αναπτύξουν ένα βέλτιστο χαρτοφυλάκιο λαμβάνοντας υπόψη τόσο την αναμενόμενη απόδοση όσο και τον κίνδυνο. Αυτή η στρατηγική σύνθεση περιουσιακών στοιχείων αποσκοπεί στη μεγιστοποίηση της χρησιμότητας του χαρτοφυλακίου,όπως αυτή αναπαρίσταται μέσω των καμπυλών αδιαφορίας που θα εξετάσουμε αργότερα σε αυτό το κεφάλαιο.Αρχικά, η θεωρία χαρτοφυλακίου επικεντρώνεται στη δημιουργία ενός βέλτιστου χαρτοφυλακίου που αξιοποιεί την τεχνική της διαφοροποίησης για την ελαχιστοποίηση του μη συστηματικού κινδύνου.Στόχος είναι να προσδιοριστεί, με βάση τα διαθέσιμα παεριουσιακά στοιχεία, το χαρτοφυλάκιο με τη μεγαλύτερη χρησιμότητα, δηλαδή το χαρτοφυλάκιο που επιτυγχάνει μια δεδομένη απόδοση αναλαμβάνοντας τον μικρότερο δυνατό κίνδυνο.Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, ο πρωταρχικός στόχος κάθε επενδυτή είναι να κατανείμει τα διαθέσιμα κεφάλαιά του μεταξύ επικίνδυνων (ενέχουν ρίσκο) και ακίνδυνων περιουσιακών στοιχείων με τρόπο που να ευθυγραμμίζεται με τους επενδυτικούς του στόχους, μεγιστοποιώντας τα κέρδη, μια διαδικασία γνωστή ως βελτιστοποίηση χαρτοφυλακίου. Σε αυτό το κεφάλαιο, θα παρουσιάσουμε τα βασικά στοιχεία της Σύγχρονης θεωρίας χαρτοφυλακίου και της βελτιστοποίησής του, ξεκινώντας από μια εισαγωγή στα βασικά χαρακτηριστικά του χαρτοφυλακίου.

2.1 Εισαγωγή στην έννοια του Χαρτοφυλακίου

Στην οικονομική επιστήμη, ο όρος Χαρτοφυλάκιο αναφέρεται σε μια συλλογή περιουσιακών στοιχείων ή αξιογράφων που ανήκουν σε μια οικονομική οντότητα που αποσκοπεί στην μεγιστοποίηση των αποδόσεων των επενδύσεών της και τη συνεπακόλουθη διαχείριση του κινδύνου. Οι αποδόσεις των επενδύσεων προέρχονται είτε από εισόδημα (τόκοι ή μερίσματα), είτε από την αύξηση της αξίας των περιουσιακών στοιχείων (κεφαλαιακά κέρδη). Δεδομένου ότι όλες οι επενδύσεις ενέχουν κάποιο βαθμό κινδύνου, η διαδικασία δημιουργίας ενός αποτελεσματικού χαρτοφυλακίου είναι κρίσιμη και ακολουθεί ορισμένα βασικά βήματα προκειμένου να πραγματοποιηθεί με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο [3]:

- **Καθορισμός στόχων του επενδυτή**

  Το πρώτο βήμα είναι ο καθορισμός των επενδυτικών στόχων με βάση μια πληθώρα περιορισμών, όπως φορολογικά ζητήματα, ανάγκες ρευστότητας και ανοχή στον κίνδυνο.

Διαφορετικοί επενδυτές έχουν διαφορετικούς στόχους καθώς επίσης και χρονικούς ορίζοντες για τις επενδύσεις τους.Αναλυτικότερα, τα συνταξιοδοτικά ταμεία εστιάζουν στη μακροπρόθεσμη ανάπτυξη, τα φιλανθρωπικά ιδρύματα επιδιώκουν εισόδημα με ταυτόχρονη διατήρηση του κεφαλαίου τους και οι ιδιώτες τείνουν να ευθυγραμμίζουν τις επενδύσεις και τους στόχους τους με τις μελλοντικές τους υποχρεώσεις και ανάγκες. Σε κάθε περίπτωση η κατανόηση την ανοχής στον κίνδυνο είναι ουσιώδης προκειμένου να καθοριστούν οι βέλτιστοι επενδυτικοί στόχοι ανάλογα με τις ανάγκες κάθε οικονομικής μονάδας.

- **Καθορισμός επενδυτικής πολιτικής**

  Αφού καθοριστούν με σαφήνεια οι επενδυτικοί στόχοι,διαμορφώνεται στη συνέχεια μια επενδυτική πολιτική. Αυτή περιλαμβάνει την επιλογή ενός προτιμώμενου μείγματος περιουσιακών στοιχείων, όπως μετοχές, ομόλογα ή ακίνητα, καθώς και τον καθορισμό των ορίων κατανομής κεφαλαίου. Η επίτευξη του βέλτιστου μείγματος περιουσιακών στοιχείων με βάση τη διαθεσιμότητα είναι επίσης ζωτικής σημασίας για τη βελτιστοποίηση του χαρτοφυλακίου.

- **Εφαρμογή στρατηγικής χαρτοφυλακίου**

  Οι στρατηγικές χαρτοφυλακίου μπορεί να είναι ενεργητικές, παθητικές ή ένας συνδυασμός των προαναφερθέντων. Οι ενεργητικές στρατηγικές εστιάζουν στην πρόβλεψη των τάσεων της αγοράς με στόχο να υπερνικήσουν τους δείκτες αναφοράς (benchmarks), ενώ οι παθητικές στρατηγικές παρακολουθούν τους δείκτες της αγοράς για να πετύχουν τη βέλτιστη δυνατή διαφοροποίηση. Πολλά αμοιβαία κεφάλαια συνδυάζουν τις παραπάνω προσεγγίσεις.

- **Επιλογή περιουσιακών στοιχείων**

  Αφού καθοριστεί η επενδυτική στρατηγική, οι διαχειριστές των αμοιβαίων κεφαλαίων επιλέγουν συγκεκριμένα περιουσιακά στοιχεία χρησιμοποιώντας μια συστηματική επενδυτική διαδικασία. Αυτή συνήθως περιλαμβάνει τον εντοπισμό υποτιμημένων περιουσιακών στοιχείων την τρέχουσα χρονική περίοδο με στόχο την μελλοντική επίτευξη μεγαλύτερων αποδόσεων στις ενεργητικές στρατηγικές.

- **Αξιολόγηση επιδόσεων**

  Το τελικό βήμα είναι η αξιολόγηση της απόδοσης του χαρτοφυλακίου σε σύγκριση με δείκτες αναφοράς όπως χρηματιστηριακοί δείκτες ή άλλα παρόμοια χαρτοφυλάκια. Η διαδικασία αυτή είναι συνεχής και αντανακλά τις μεταβαλλόμενες συνθήκες της αγοράς.

Τα χαρτοφυλάκια μπορούν να περιέχουν διάφορους τύπους περιουσιακών στοιχείων (είτε στη χώρα που δραστηριοποιείται ο επενδυτής είτε στο εξωτερικό),ο καθένας με διαφορετικά χαρακτηριστικά απόδοσης-κινδύνου, συμπεριλαμβανομένων των παρακάτω:

- **Μετρητά:** Τα μετρητά περιλαμβάνουν χρήματα σε τραπεζικούς λογαριασμούς ή άλλα μέσα που μπορούν να μετατραπούν γρήγορα σε μετρητά χωρίς σημαντικές απώλειες. Παρέχουν υψηλή ρευστότητα, χαμηλό κίνδυνο και ασφάλεια αλλά συνήθως έχουν χαμηλή απόδοση.

- **Ομόλογα:** Τα ομόλογα είναι δάνεια που χορηγούνται σε κυβερνήσεις ή εταιρείες, τα οποία επιστρέφονται με τόκο. Παρέχουν σταθερό εισόδημα, αλλά είναι ευαίσθητα σε μεταβολές καθώς η αξία τους μπορεί να επηρεαστεί από αλλαγές στα επιτόκια και τον πιστωτικό κίνδυνο.

- **Μετοχές:** Οι μετοχές αντιπροσωπεύουν μερίδιο ιδιοκτησίας σε μια εταιρεία. Οι επενδυτές κερδίζουν από την αύξηση της αξίας των μετοχών και από τα μερίσματα που πληρώνει η εταιρεία.

- **Παράγωγα:** Τα παράγωγα είναι χρηματοοικονομικά συμβόλαια που βασίζονται στην αξία ενός περιουσιακού στοιχείου, όπως μετοχές, ομόλογα ή εμπορεύματα. Χρησιμοποιούνται για αντιστάθμιση κινδύνου ή για κερδοσκοπία, αλλά ενέχουν υψηλό βαθμό πολυπλοκότητας.

- **Ακίνητα:** Τα ακίνητα περιλαμβάνουν γη, κτίρια και άλλες ιδιοκτησίες που μπορούν να ενοικιαστούν ή να πωληθούν με κέρδος.Οι επενδύσεις σε ακίνητα προσφέρουν εισόδημα από ενοίκια και υπεραξία.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η απόδοση του χαρτοφυλακίου εξαρτάται από την εξισορρόπηση του κινδύνου και της απόδοσης μέσω της κατάλληλης επιλογής περιουσιακών στοιχείων και της διαφοροποίησης. Οι βασικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι οι ακόλουθοι:

- **Απόδοση χαρτοφυλακίου:** Μετρά την απόδοση των επενδύσεων.

- **Κίνδυνος χαρτοφυλακίου:** Αξιολογεί τις πιθανές απώλειες από τη μεταβλητότητα των περιουσιακών στοιχείων.

- **Ρευστότητα:** Εκφράζει την ευκολία μετατροπής των περιουσιακών στοιχείων σε μετρητά.

- **Διαφοροποίηση:** Μειώνει τον κίνδυνο μέσω πολυάριθμων επενδύσεων σε διάφορους τομείς και γεωγραφικές περιοχές.

Με τη διαχείριση των παραπάνω, οι επενδυτές μπορούν να κατασκευάσουν αποτελεσματικά χαρτοφυλάκια που ανταποκρίνονται στους οικονομικούς τους στόχους, μετριάζοντας παράλληλα τους επενδυτικούς κινδύνους.Τα παραπάνω θα εξεταστούν περαιτέρω στις επόμενες ενότητες αυτού του κεφαλαίου.

2.2 Σύγχρονη Θεωρία Χαρτοφυλακίου

Το 1952, ο Harry Markowitz, τότε μεταπτυχιακός φοιτητής στο Πανεπιστήμιο του Σικάγο, δημοσίευσε την πρωτοποριακή εργασία του "Portfolio Selection" στο επιστημονικό

περιοδικό Journal of Finance[4]. Η εργασία αυτή έθεσε τα θεμέλια για τη Σύγχρονη Θεωρία Χαρτοφυλακίου και χάρισε στον Markowitz το βραβείο Νόμπελ στις Οικονομικές Επιστήμες το 1990. Στην εργασία του, όρισε με ακρίβεια τον ορθό τρόπο επιλογής χαρτοφυλακίου: ΄Ο επενδυτής θεωρεί (ή θα έπρεπε να θεωρεί) την αναμενόμενη απόδοση επιθυμητή και τη διακύμανση της απόδοσης ανεπιθύμητη' [4]. Ο Markowitz εισηγήθηκε επίσης τη μέθοδο βελτιστοποίησης μέσης τιμής- διακύμανσης (MVO:Mean-Variance otimization method). Στη μέθοδο αυτή, ο στόχος είναι η δημιουργία του καλύτερου χαρτοφυλακίου με παράλληλη μεγιστοποίηση της αναμενόμενης απόδοσης για ένα δεδομένο επίπεδο διακύμανσης ή η ελαχιστοποίηση της διακύμανσης για ένα δεδομένο επίπεδο απόδοσης. Μαθηματικά, η μέθοδος MVO μπορεί να επιλυθεί χρησιμοποιώντας την τεχνική της τετραγωνικής βελτιστοποίησης (quadratic optimization).Σύμφωνα με τον Markowitz η διαδικασία επιλογής του αποδοτικότερου χαρτοφυλακίου χωρίζεται σε δύο διακριτά στάδια: το πρώτο περιλαμβάνει την ανάλυση των παρατηρήσεων, των διαθέσιμων δεδομένων και τη διαμόρφωση εκτιμήσεων σχετικά με τη μελλοντική απόδοση διαφόρων περιουσιακών στοιχείων, ενώ το δεύτερο επικεντρώνεται στη χρήση αυτών των εκτιμήσεων για την επιλογή του τελικού βέλτιστου χαρτοφυλακίου.Οι προαναφερθείσες θεωρίες διέπονται από μια σειρά θεμελιωδών παραδοχών που παρουσιάζονται παρακάτω [4]:

- Οι αγορές είναι απολύτως αποτελεσματικές (πλήρης πληροφόρηση, άμεση προσαρμογή τιμών, έλλειψη ευκαιριών για σίγουρο κέρδος χωρίς ανάληψη κινδύνου). Στην πραγματικότητα, η υπόθεση της πλήρως αποτελεσματικής αγοράς (Efficient Market Hypothesis) δεν επιβεβαιώνεται πάντα, καθώς υπάρχουν ανωμαλίες στις αγορές (market anomalies), χρονικές υστερήσεις στην ενσωμάτωση πληροφοριών και στρατηγικές που εκμεταλλεύονται τέτοιες ατέλειες, όπως το momentum investing που θα αναλύσουμε στη συνέχεια.

- Δεν υπάρχουν έξοδα συναλλαγής και φόροι. Στην πράξη, τα έξοδα συναλλαγών (transaction costs), οι προμήθειες και οι φόροι αποτελούν σημαντικούς παράγοντες που μειώνουν την απόδοση ενός χαρτοφυλακίου, ιδιαίτερα σε στρατηγικές που απαιτούν συχνές αναδιαρθρώσεις και προσαρμογές[5].

- Τα περιουσιακά στοιχεία χωρίς κίνδυνο είναι διαθέσιμα σε όλους τους επενδυτές. Οι πραγματικές αγορές σπάνια προσφέρουν πραγματικά περιουσιακά στοιχεία χωρίς κίνδυνο, καθώς ακόμη και οι κρατικοί τίτλοι φέρουν κινδύνους, όπως ο πληθωρισμός και η πιστοληπτική ικανότητα των εκδοτών.

- Επιτρέπονται απεριόριστες θέσεις αγοράς και πώλησης. Στην πραγματικότητα, οι επενδυτές δεν μπορούν πάντα να πουλήσουν απεριόριστα περιουσιακά στοιχεία, καθώς υπάρχουν κανονισμοί που το περιορίζουν, ειδικά σε περιόδους κρίσης. Επιπλέον, η δυνατότητα δανεισμού για επενδύσεις συνοδεύεται από όρια ασφαλείας (margin requirements), που απαιτούν από τους επενδυτές να διατηρούν επαρκές κεφάλαιο.

- Οι επενδυτές είναι ορθολογικοί και αποστρέφονται τον κίνδυνο, ο οποίος βασίζεται στη μεταβλητότητα των αποδόσεων του χαρτοφυλακίου. Στην πράξη, οι επενδυτές συχνά λαμβάνουν αποφάσεις επηρεασμένοι από συναισθηματικούς και ψυχολογικούς παράγοντες, όπως η υπερβολική αυτοπεποίθηση και η αποστροφή στις ζημίες (loss aversion), γεγονός που μπορεί να τους οδηγήσει σε μη βέλτιστες επενδυτικές επιλογές.

- Η συνάρτηση χρησιμότητας είναι τετραγωνική. Η υπόθεση αυτή σημαίνει ότι οι επενδυτές αντιλαμβάνονται τον κίνδυνο με έναν συμμετρικό τρόπο, κάτι που δεν ισχύει πάντα, καθώς η ανθρώπινη ψυχολογία τείνει να δίνει μεγαλύτερη σημασία στις ζημίες από ό,τι στα κέρδη (prospect theory).

- Οι επενδυτές διαθέτουν ομοιογενή επενδυτικά κίνητρα, ορίζοντα και προσδοκίες. Στην πράξη, οι επενδυτές έχουν διαφορετικά χρονικά πλαίσια, ανοχές κινδύνου και στόχους, που επηρεάζονται από παράγοντες όπως η ηλικία, η οικονομική τους κατάσταση και οι μακροοικονομικές συνθήκες.

- Η κατανομή των αποδόσεων είναι γκαουσιανή. Στην πραγματικότητα, οι αποδόσεις των χρηματοοικονομικών περιουσιακών στοιχείων συχνά εμφανίζουν παχυλές ουρές (fat tails) και ασυμμετρίες (skewness), κάτι που σημαίνει ότι τα ακραία γεγονότα (black swan events) είναι πιο πιθανά από ό,τι προβλέπει η κανονική κατανομή.

- Οι επενδυτές ενδιαφέρονται μόνο για τη μέση τιμή και τη διακύμανση των περιουσιακών στοιχείων. Στην πραγματικότητα, άλλοι παράγοντες όπως η ρευστότητα, η πολιτική σταθερότητα και τα θεμελιώδη μεγέθη των εταιρειών παίζουν ρόλο στις επενδυτικές αποφάσεις.

- Οι επενδυτές επιθυμούν να μεγιστοποιήσουν την αναμενόμενη χρησιμότητα του χαρτοφυλακίου τους.

- Οι επενδυτές επιλέγουν τη μέγιστη απόδοση χαρτοφυλακίου για διαφορετικά επίπεδα κινδύνου.

2.3 Χαρακτηριστικά περιουσιακών στοιχείων και χαρτοφυλακίου

2.3.1 Συμβιβασμός μεταξύ της απόδοσης και του κινδύνου

Απόδοση: Η απόδοση αναφέρεται στο κέρδος ή τη ζημιά που λαμβάνει ένας επενδυτής από ένα περιουσιακό στοιχείο κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης περιόδου.Μετρά δηλαδή,τη σχετική μεταβολή της τιμής του περιουσιακού στοιχείου και διακρίνεται στις παρακάτω κατηγορίες :

1. Πραγματική απόδοση

   - Είναι η πραγματική απόδοση μιας επένδυσης που πραγματοποιήθηκε σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.
   - Γίνεται γνωστή όταν λήξει η επένδυση.

2. Αναμενόμενη απόδοση

   - Είναι η απόδοση την οποία οι επενδυτές προβλέπουν (αναμένουν) ότι θα αποκομίσουν από μια επένδυση.

- Πρόκειται για πρόβλεψη των επενδυτών που μπορεί να επαληθευθεί, μπορεί και όχι.

3. Απαιτούμενη απόδοση

   - Είναι η ελάχιστη απόδοση την οποία οι επενδυτές απαιτούν προκειμένου να πραγματοποιήσουν την επένδυση.

Πραγματική απόδοση περιουσιακού στοιχείου

Έστω ότι ένα περιουσιακό στοιχείο αγοράζεται τη χρονική στιγμή t, με αρχική επένδυση X_0,και πωλείται τη χρονική στιγμή $t+1$, αποδίδοντας ένα ποσό X_1. Η απόδοση αυτού του περιουσιακού στοιχείου στο διάστημα της περιόδου t ορίζεται ως εξής:

$$R = \frac{X_1}{X_0}$$

όπου:

- R: Συνολική απόδοση
- X_1: Ποσό που απέφερε η επένδυση
- X_0: Αρχική επένδυση

Η αύξηση της αξίας μιας επένδυσης ενδέχεται να προκύψει από δυο πηγές. Η πρώτη ισούται με τη διαφορά της τελικής από την αρχική τιμή ενός χρεογράφου κατά τη διάρκεια μιας περιόδου διαιρεμένη δια της αρχικής αξίας και ονομάζεται απόδοση κεφαλαίου. Η δεύτερη αποτελείται από τις περιοδικές εισπράξεις της επένδυσης, όπως είναι τα μερίσματα, στην οποία έχει προβεί ο επενδυτής και ονομάζεται απόδοση εισοδήματος. Η ποσοστιαία απόδοση (r) υπολογίζεται λοιπόν ως εξής:

$$r = \frac{X_1 - X_0}{X_0} + \frac{Div}{X_0}$$

όπου:

- Div: Οι περιοδικές εισπράξεις από την επένδυση

Πραγματική απόδοση χαρτοφυλακίου

Η απόδοση χαρτοφυλακίου συγκεντρώνει τις αποδόσεις των επιμέρους περιουσιακών στοιχείων ενός χαρτοφυλακίου. Η συνολική αρχική επένδυση X_0 ορίζεται ως το άθροισμα των αρχικών επενδύσεων για όλα τα περιουσιακά στοιχεία του χαρτοφυλακίου ως:

$$\sum_{i=1}^{N} X_{0i} = X_0$$

όπου X_{0i} είναι το ποσό που έχει επενδυθεί στο i-οστό περιουσιακό στοιχείο $(i = 1, 2, \ldots, N)$.

Η επένδυση σε ένα μεμονομένο περιουσιακό στοιχείο δίνεται από τον τύπο:

$$X_{0i} = W_i X_0, \quad (i = 1, 2, \ldots, N)$$

όπου W_i είναι το βάρος του i-οστού περιουσιακού στοιχείου στο χαρτοφυλάκιο και το άθροισμα των βαρών ικανοποιεί τη σχέση:

$$\sum_{i=1}^{N} W_i = 1$$

Η απόδοση του χαρτοφυλακίου (R) μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{N} R_i W_i X_0}{X_0} = \sum_{i=1}^{N} W_i R_i$$

όπου το R_i αντιπροσωπεύει την απόδοση του i-οστού περιουσιακού στοιχείου.

Αναμενόμενη απόδοση (Μέσος Όρος)

Η αναμενόμενη απόδοση αντιπροσωπεύει τη μέση απόδοση που αναμένει ένας επενδυτής για ένα δεδομένο χαρτοφυλάκιο. Για μεμονωμένα περιουσιακά στοιχεία, ορίζεται ως εξής::

$$\mu = E[R] = \begin{bmatrix} E[R_1] \\ \vdots \\ E[R_N] \end{bmatrix}$$

όπου μ είναι το διάνυσμα των αναμενόμενων αποδόσεων για τα περιουσιακά στοιχεία. Η συνολική αναμενόμενη απόδοση χαρτοφυλακίου υπολογίζεται ως το σταθμισμένο άθροισμα των μεμονωμένων αναμενόμενων αποδόσεων των περιουσιακών στοιχείων:

$$\mu_p = W^T E[R] = W^T \mu$$

όπου:

- $W = \begin{bmatrix} W_1 & W_2 & \cdots & W_N \end{bmatrix}^T$: Διάνυσμα βαρών χαρτοφυλακίου
- $E[R]$: Διάνυσμα των αναμενόμενων αποδόσεων για μεμονωμένα περιουσιακά στοιχεία

Απαιτούμενη απόδοση

Ορίζεται ως η ελάχιστη απόδοση που αναμένουν οι επενδυτές να λάβουν από ένα συγκεκριμένο περιουσιακό στοιχείο που προτίθενται να επενδύσουν.Η απαιτούμενη απόδοση αποτελείται από δύο βασικά στοιχεία: την πραγματική απόδοση μιας επένδυσης χωρίς ρίσκο (risk-free rate), η οποία ανταναχλά τον ρυθμό ανάπτυξης της οικονομίας και το αναμενόμενο ποσοστό πληθωρισμού, και το ασφάλιστρο κινδύνου (risk premium), που αποτελεί την ανταμοιβή για τον κίνδυνο που αναλαμβάνει ο επενδυτής.

Αμοιβή Κινδύνου = Επιτόκιο επένδυσης με ρίσκο – Επιτόκιο επένδυσης χωρίς ρίσκο

Υπάρχουν διάφορα βήματα που ένας επενδυτής ακολουθεί προκειμένου να επιτύχει τους επενδυτικούς του στόχους ως προς την απόδοση [3]:

- Καθορισμός ενός μέτρου απόδοσης, όπως η συνολική απόδοση.
- Προσδιορισμός της επιθυμητής απόδοσης.Αναφέρεται στη φιλοδοξία του επενδυτή και τους στόχους που έχει θέσει όπως οικονομικοί στόχοι (π.χ. συσσώρευση πλούτου)
- Προσδιορισμός του απαιτούμενου ποσοστού απόδοσης.Αναφέρεται στην ελάχιστη απόδοση που πρέπει να επιτευχθεί για να θεωρείται η επένδυση ελκυστική.

- Καθορισμός ενός σαφούς επενδυτικού στόχου ως προς την απόδοση που θα λειτουργήσει ως σημείο αναφοράς για την αξιολόγηση της επένσυσης .

Τα βήματα αυτά παρέχουν ένα πλαίσιο για τη διαχείριση επενδυτικών χαρτοφυλακίων και την αποτελεσματική επίτευξη των στόχων απόδοσης ενός επενδυτή.

Κίνδυνος: Η έννοια του κινδύνου είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη φύση των επενδύσεων και αναφέρεται στην αβεβαιότητα επίτευξης θετικής απόδοσης.Έπειτα από την αρχική επένδυση σε ένα περιουσιακό στοιχείο, υπάρχει πάντα η πιθανότητα η απόδοση να είναι αρνητική, γεγονός που εισάγει ένα ποσοστό κινδύνου στην επένδυση. Ο κίνδυνος μετράται μεταξύ άλλων [6] με τη χρήση της διακύμανσης ή της τυπικής απόκλισης, καθώς οι μετρήσεις αυτές ποσοτικοποιούν τη μεταβλητότητα των αποδόσεων για μια συγκεκριμένη περίοδο.

Τα περιουσιακά στοιχεία μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με βάση τα επίπεδα κινδύνου τους ως εξής:

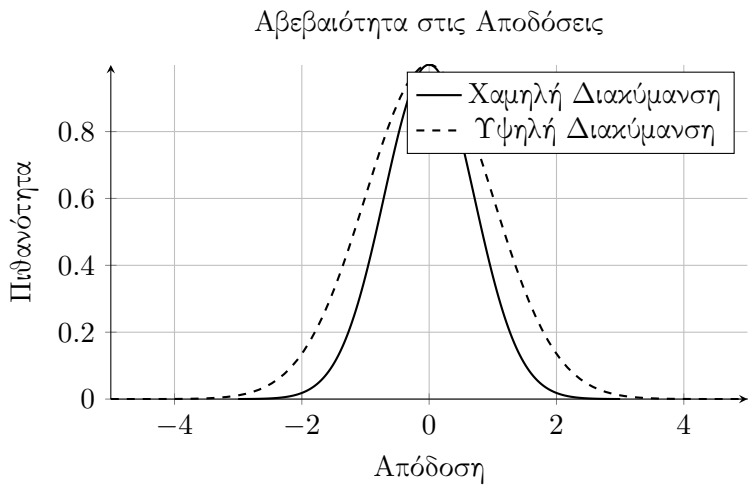
- Περιουσιακά στοιχεία χωρίς κίνδυνο: Περιουσιακά στοιχεία χωρίς εγγενή κίνδυνο, όπως τα κρατικά ομόλογα υψηλής αξιοπιστίας ή οι τραπεζικές καταθέσεις με κρατική εγγύηση.

- Περιουσιακά στοιχεία χαμηλού κινδύνου: Περιουσιακά στοιχεία με ελάχιστα επίπεδα κινδύνου, όπως τα ομόλογα εταιρειών υψηλής πιστοληπτικής αξιολόγησης.

- Περιουσιακά στοιχεία μεσαίου κινδύνου: Περιουσιακά στοιχεία με μέτρια επίπεδα κινδύνου, όπως οι μετοχές μεγάλων και σταθερών εταιρειών ή τα επενδυτικά ακίνητα σε ώριμες αγορές.

- Περιουσιακά στοιχεία υψηλού κινδύνου: Περιουσιακά στοιχεία με υψηλό κίνδυνο και σημαντική αβεβαιότητα στις αποδόσεις, όπως οι μετοχές μικρών εταιρειών, οι επενδύσεις σε αναδυόμενες αγορές ή τα κρυπτονομίσματα .

Η ταξινόμηση καθορίζεται συχνά με βάση την ανάλυση της διακύμανσης των αποδόσεων. Η υψηλότερη διακύμανση υποδηλώνει υψηλότερο βαθμό κινδύνου και μεγαλύτερη αβεβαιότητα στις αποδόσεις.Περίπου το 95.4% των τιμών μιας κανονικά κατανεμημένης μεταβλητής βρίσκεται εντός του διαστήματος $\mu \pm 2\sigma$ (δηλαδή, δύο τυπικές αποκλίσεις από τη μέση τιμή). Το υπόλοιπο 4.6% αφορά τις ακραίες αποκλίσεις πέρα από 2σ.



Όπως έχουμε ήδη αναφέρει η Διακύμανση-Variance (σ^2) και η Τυπική Απόκλιση-Standard Deviation (σ) είναι τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα μέτρα κινδύνου:

$$\text{Variance: } \sigma^2 = \text{Var}(R) = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(R_i - \bar{R})^2$$

$$\text{Standard Deviation: } \sigma = \sqrt{\text{Var}(R)} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(R_i - \bar{R})^2}$$

όπου:

- R_i: Η απόδοση της i-οστής παρατήρησης (π.χ. ημερήσια, μηνιαία ή ετήσια απόδοση ενός περιουσιακού στοιχείου).
- $\overline{R}$: Η μέση απόδοση (μέσος όρος) για τις n παρατηρήσεις.Αναφέρεται στη μέση απόδοση των παρατηρήσεων αποδόσεων ενός περιουσιακού στοιχείου ή χαρτοφυλακίου σε μια δεδομένη χρονική περίοδο

Ιστορικές μελέτες δείχνουν πως η κατανομή των αποδόσεων τείνει να ακολουθεί κανονική (γκαουσιανή) κατανομή. Ως εκ τούτου, η τυπική απόκλιση χρησιμοποιείται ευρέως στη διαχείριση κινδύνου και χαρτοφυλακίου ως μέτρο για τον κίνδυνο που συνοδεύει την επένδυση.

Κίνδυνος Χαρτοφυλακίου

Ο κίνδυνος ενός χαρτοφυλακίου μπορεί επίσης να προσδιοριστεί χρησιμοποιώντας τη διακύμανση του χαρτοφυλακίου, η οποία λαμβάνει υπόψη τα βάρη των επιμέρους περιουσιακών στοιχείων και τις συνδιακυμάνσεις τους ως εξής:

$$\sigma_p^2 = \text{Var}(W^T R) = W^T \Sigma W$$

όπου:

- W: Διάνυσμα των βαρών του χαρτοφυλακίου.
- $\Sigma = E[(R-\mu)(R-\mu)^T]$: Πίνακας συνδιακυμάνσεων.
- R: Διάνυσμα των αποδόσεων των περιουσιακών στοιχείων.
- μ: Διάνυσμα των αναμενόμενων αποδόσεων των περιουσιακών στοιχείων.

Συστηματικός και Μη συστηματικός κίνδυνος

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.1 ο συνολικός κίνδυνος χαρτοφυλακίου αποτελείται από δύο συνιστώσες:

$$\text{Συνολικός κίνδυνος} = \text{Συστηματικός κίνδυνος} + \text{Μη συστηματικός κίνδυνος}$$

- Συστηματικός κίνδυνος: Γνωστός και ως κίνδυνος αγοράς, αναφέρεται στη μεταβλητότητα των αποδόσεων που προκαλούνται από παράγοντες που αφορούν την αγορά,

Σχήμα 2.1: *Η επίδραση της διαφοροποίησης σε ένα επενδυτικό χαρτοφυλάκιο*

όπως οι μεταβολές των επιτοκίων, ο πληθωρισμός και οι οικονομικές συνθήκες.Ο συστηματικός κίνδυνος είναι μη διαφοροποιήσιμος δηλαδή δεν μπορεί να μειωθεί μέσω της διαφοροποίησης του χαρτοφυλακίου.

- Μη συστηματικός κίνδυνος: Γνωστός και ως ειδικός ή διαφοροποιήσιμος κίνδυνος, αναφέρεται στη διαφοροποίηση των αποδόσεων που προκαλείται από παράγοντες μοναδικούς για ένα συγκεκριμένο περιουσιακό στοιχείο ή εταιρεία, όπως η ποιότητα της διαχείρισης ή οι γενικότερες επιδόσεις του κλάδου. Η διαφοροποίηση μπορεί να μειώσει σημαντικά αυτόν τον κίνδυνο.

Υπάρχουν διάφορα βήματα που ένας επενδυτής ακολουθεί προκειμένου να επιτύχει τους επενδυτικούς του στόχους ως προς τη διαχείριση του κινδύνου [3]:

- Καθορισμός ενός μέτρου κινδύνου, όπως η τυπική απόκλιση ή η διακύμανση.
- Προσδιορισμός της προθυμίας του επενδυτή να αναλάβει κίνδυνο(υποκειμενικό κριτήριο).
- Αξιολόγηση της ικανότητας του επενδυτή να αναλάβει κίνδυνο (αντικειμενικό κροτήριο).
- Συνδυασμός της προθυμίας και της ικανότητας σε μια συνολική εκτίμηση ανοχής κινδύνου.
- Καθορισμός ενός σαφούς επενδυτικού στόχου ως προς τον κίνδυνο που θα λειτουργήσει ως σημείο αναφοράς για την αξιολόγηση της επένσυσης.

Τα βήματα αυτά παρέχουν ένα πλαίσιο για τη διαχείριση επενδυτικών χαρτοφυλακίων σε συνάρτηση πάντα με την ανοχή κάθε επενδυτή στον κίνδυνο.

Το εφικτό σύνορο: Έστω ότι έχουμε ένα χαρτοφυλάκιο με δύο περιουσιακά στοιχεία. Όπως έχει προαναφερθεί, σκοπός της βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίου είναι η επίτευξη του ευνοϊκότερου δυνατού ποσοστού απόδοσης με τον χαμηλότερο δυνατό κίνδυνο, μέσω της βέλτισης κατανομής των συντελεστών βαρύτητας στα περιουσιακά στοιχεία του χαρτοφυλακίου. Ο ιδανικός στόχος είναι, δεδομένου ενός συγκεκριμένου συνόλου περιορισμών για τον κίνδυνο, η δημιουργία ενός βέλτιστου χαρτοφυλακίου που αξιοποιεί τους καλύτερους διαθέσιμους συνδυασμούς απόδοσης-κινδύνου[7].Το εφικτό σύνορο, ένα διάγραμμα που αναπαριστά τον κίνδυνο και την απόδοση, είναι μια γραφική αναπαράσταση των αποτελεσματικών χαρτοφυλακίων και αποτελεί την πρώτη μαθηματική διατύπωση για τα βέλτιστα χαρτοφυλάκια [8].Περιλαμβάνει τα χαρτοφυλάκια με τον ελάχιστο κίνδυνο για μια συγκεκριμένη αναμενόμενη τιμή της απόδοσης. Η καμπύλη που σχηματίζεται από αυτά τα χαρτοφυλάκια είναι γνωστή με το όνομα Εφικτό Σύνορο (Efficient Frontier).

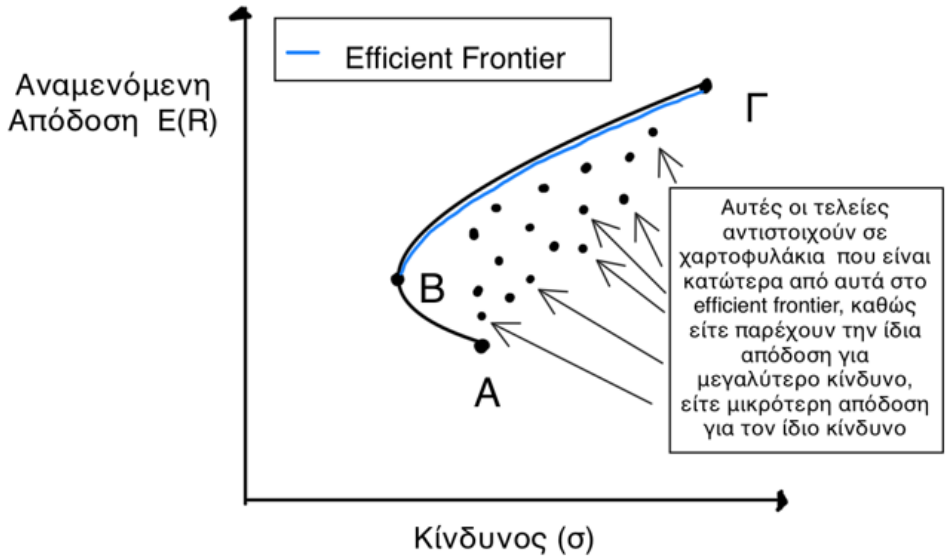
Στο σχήμα 2.2 το σημείο Β είναι το σημείο της ελάχιστης συνολικής διακύμανσης-ρίσκου.Αυτό είναι και το χαρτοφυλάκιο που θα επέλεγε ένας επενδυτής που αποστρέφεται πλήρως τον κίνδυνο. Το τμήμα της καμπύλης μεταξύ των σημείων Β και Γ αντιπροσωπεύει το εφικτό σύνορο των επικίνδυνων περιουσιακών στοιχείων(εμπεριέχουν κίνδυνο), καθώς αυτό το τμήμα της καμπύλης αντιστοιχεί στην υψηλότερη αναμενόμενη απόδοση για ένα δεδομένο επίπεδο κινδύνου. Τα σημεία της καμπύλης μεταξύ Α και Β παράγουν χαμηλότερη αναμενόμενη απόδοση για υψηλότερο κίνδυνο από το σημείο Β, επομένως δεν θα επιλέγονταν από κάποιον συνετό επενδυτή.Επισημαίνουμε επίσης ότι σε χαρτοφυλάκιο δύο περιουσιακών στοιχείων, το ακραία σημεία της καμπύλης απεικονίζουν την απόλυτη κατανομή(βάρος 1) σε ένα από τα δύο περιουσιακά στοιχεία, ενώ τα ενδιάμεσα σημεία απεικονίζουν συνδυασμούς αυτών ως προς τα βάρη [9].Στην περίπτωση χαρτοφυλακίου με περισσότερα από δύο περιουσιακά στοιχεία,το εφικτό σύνορο αναπαρίσταται από μια χωρική περιοχή.Κατ΄ αντιστοιχία, η περιοχή που θα επιλέξει ένας ορθολογικός επενδυτής οροθετείται από το χαρτοφυλάκιο ελάχιστου κινδύνου και το ακραίο σημείο στο δεξί τμήμα, όπου ονομάζεται αποδοτικό σύνορο για N-περιουσιακά στοιχεία.Επομένως, το Εφικτό Σύνορο αποτελεί τον γεωμετρικό τόπο των αποτελεσματικών χαρτοφυλακίων ανάμεσα στα οποία μπορεί να επιλέξει ένας συνετός επενδυτής με σκοπό την μεγιστοποίηση της απόδοσης και τη μείωση του κινδύνου[1].

Εκτός από επενδύσεις σε περιουσιακά στοιχεία που ενέχουν κίνδυνο, ο επενδυτής μπορεί να επιλέξει να επενδύσει και στα λεγόμενα risk-free assets, δηλαδή σε περιουσιακά στοιχεία με τυπική απόκλιση που ισούται με το μηδέν, δηλαδή περιουσιακά στοιχεία χωρίς κίνδυνο[6].

Στην περίπτωση της επένδυσης σε περιουσιακά στοιχεία χωρίς κίνδυνο, το Εφικτό σύνορο μετατρέπεται στην ευθεία Γραμμή Κεαφαλαιαγοράς.Η Γραμμή Κεφαλαιαγοράς (CML) αντιπροσωπεύει δηλαδή τη σχέση μεταξύ του κινδύνου (μετρούμενου ως τυπική απόκλιση) και της αναμενόμενης απόδοσης για χαρτοφυλάκια που περιλαμβάνουν τόσο επικίνδυνα(εμπεριέχουν ρίσκο) όσο και μη επικίνδυνα(δεν εμπεριέχουν ρίσκο) περιουσιακά στοιχεία και αποτελεί θεμελιώδη έννοια της σύγχρονης θεωρίας χαρτοφυλακίου[7]. Η εξίσωση της ευθείας αυτής προκύπτει μαθηματικά ως εξής:

Έστω r_{TP} η απόδοση του συνολικού χαρτοφυλακίου που συνδυάζει περιουσιακά στοιχεία με κίνδυνο και περιουσιακά στοιχεία χωρίς κίνδυνο με επενδυτικά βάρη w και $1-w$ αντίστοιχα.

$$r_{TP} = wr_r + (1-w)r_{rf}$$



Σχήμα 2.2: *Γραφική απεικόνιση του Αποδοτικού Συνόρου στη βελτιστοποίηση χαρτοφυλακίου.*

όπου:

- r_r: Απόδοση περιουσιακών στοιχείων με κίνδυνο
- r_{rf}: Απόδοση περιουσιακών στοιχείων χωρίς κίνδυνο

Δεδομένου ότι $E(r_{rf}) = r_{rf}$, αφού δεν υπάρχει κίνδυνος, η αναμενόμενη απόδοση ισούται με:

$$\mathbb{E}(r_{TP}) = w\mathbb{E}(r_r) + (1-w)r_{rf} = r_{rf} + w[\mathbb{E}(r_r) - r_{rf}]$$

Η ποσότητα $\mathbb{E}(r_r) - r_{rf}$ εκφράζει την επιπλέον απόδοση που θα λάβει ο επενδυτής λόγω της ανάληψης ρίσκου και καλείται Risk Premium.

$$RiskPremium = \mathbb{E}(r_r) - r_{rf}$$

Επιπλέον ισχύει πως:

$$\sigma_{TP} = w\sigma_P$$

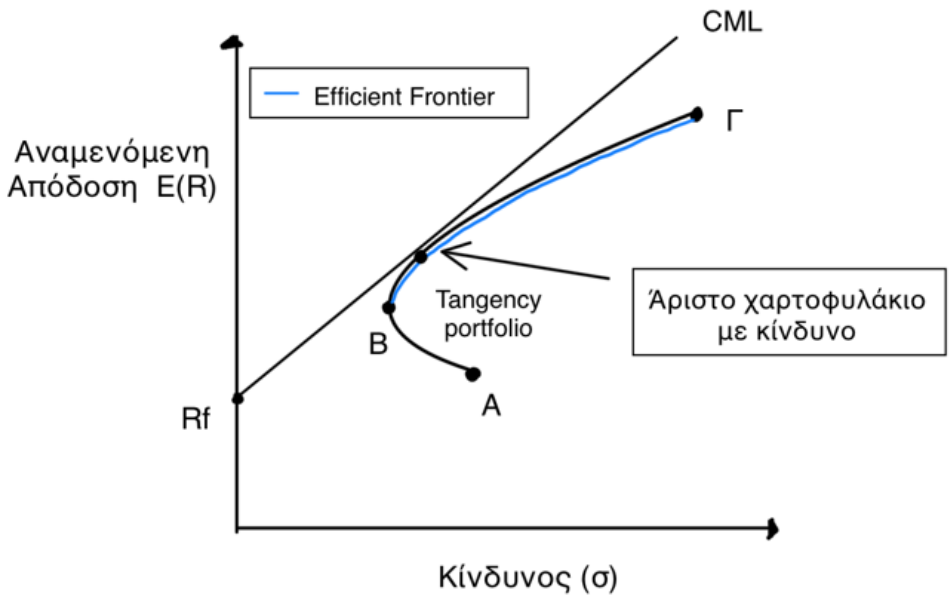
αφού τα risk-free assets έχουν μηδενικό κίνδυνο και άρα $\sigma = 0$.

Επομένως, συνδυάζοντας τα παραπάνω, προκύπτει η συνάρτηση της αναμενόμενης απόδοσης του συνολικού χαρτοφυλακίου:

$$\mathbb{E}(r_{TP}) = r_{rf} + \frac{\mathbb{E}(r_r) - r_{rf}}{\sigma_r}\sigma_{TP}$$

Η εξίσωση αυτή αποτελεί τη Capital Allocation Line (CAL) – Γραμμή Κατανομής Κεφαλαίων.

Η κλίση της παραπάνω ευθείας εκφράζει την αύξηση της αναμενόμενης απόδοσης του συ-



Σχήμα 2.3: *Γραφική απεικόνιση της Γραμμής Κεφαλαιαγοράς (CML) και του Εφαπτόμενου Χαρτοφυλακίου στη θεωρία χαρτοφυλακίου.*

νολικού χαρτοφυλακίου, ανά μοναδιαία αύξηση της μεταβλητότητας (Reward-to-Variability):

$$S = \frac{\mathbb{E}(r_r) - r_{rf}}{\sigma_r}$$

Η CAL είναι μια γραμμή που συνδέει οποιοδήποτε χαρτοφυλάκιο με κίνδυνο (P) με το περιουσιακό στοιχείο χωρίς κίνδυνο (r_{rf}). Το σημείο όπου η ευθεία CAL, εφάπτεται στο εφικτό σύνολο αντιστοιχεί στο Εφαπτόμενο Χαρτοφυλάκιο (Tangency Portfolio), που αποτελεί το καλύτερο χαρτοφυλάκιο ως προς την απόδοση για ένα προσαρμοσμένο επίπεδο κινδύνου, συνδυάζοντας παράλληλα την καλύτερη διαφοροποίηση και κατανομή περιουσιακών στοιχείων.Επομένως, όταν το Tangency Portfolio χρησιμοποιείται στη θέση του P, η CAL μετατρέπεται στη CML που ονομάζεται Γραμμή Κεφαλαιαγοράς και αναπαριστά το βέλτιστο συνδυασμό περιουσιακών στοιχείων με και χωρίς κίνδυνο.Οπότε όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί χαρτοφυλακίων, με περιουσιακά στοιχεία που έχουν ή δεν έχουν ρίσκο, βρίσκονται πάνω στη Γραμμή Κεφαλαιαγοράς CML, μεταξύ του τμήματος που τέμνει τον άξονα y και μέχρι το Tangency Portfolio[1].

Η συμπερίληψη περιουσιακών στοιχείων χωρίς κίνδυνο (risk-free assets) δίνει τη δυνατότητα στους επενδυτές να επιτύχουν βέλτιστη αντιστάθμιση κινδύνου-απόδοσης,μέσω δύο διαφορετικών στρατηγικών:

- **Επένδυση στο χαρτοφυλάκιο της αγοράς και σε περιουσιακά στοιχεία χωρίς κίνδυνο:** Ο επενδυτής κατανέμει το κεφάλαιό του μεταξύ του περιουσιακού στοιχείου χωρίς κίνδυνο και του χαρτοφυλακίου της αγοράς (M), επιτυγχάνοντας ισορροπημένη αντιστάθμιση κινδύνου-απόδοσης. Η στρατηγική αυτή είναι κατάλληλη για συντηρητικούς επενδυτές που επιθυμούν να περιορίσουν την έκθεσή τους σε κίνδυνο

επενδύοντας σε χαρτοφυλάκια μεταξύ του επιτοκίου χωρίς κίνδυνο και του Tangency Portfolio.

- **Επένδυση με μόχλευση στο χαρτοφυλάκιο της αγοράς:** Ο επενδυτής δανείζεται κεφάλαια με το επιτόκιο χωρίς κίνδυνο (r_{rf}) για να επενδύσει περισσότερο από το 100% στο χαρτοφυλάκιο της αγοράς (M). Αυτή η στρατηγική αυξάνει την πιθανότητα μεγαλύτερων αποδόσεων, συνοδεύεται όμως και από υψηλότερο επίπεδο κινδύνου που την καθιστά κατάλληλη για επιθετικούς επενδυτές.

Δείκτης Sharp: Τα περισσότερα μέτρα απόδοσης υπολογίζονται με βάση ιστορικά δεδομένα, αλλά δικαιολογούνται με βάση τις προβλεπόμενες σχέσεις μεταξύ των μεγεθών. Οι πρακτικές εφαρμογές χρησιμοποιούν *ex post* αποτελέσματα, ενώ οι θεωρητικές συζητήσεις επικεντρώνονται σε *ex ante* τιμές [10]. Ο λόγος Sharpe, που εισήχθη από τον William F. Sharpe το 1966, είναι ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα μέτρα για την αξιολόγηση της σχέσης μεταξύ της απόδοσης μιας επένδυσης και του κινδύνου της. Ο *ex-ante* λόγος Sharpe αξιολογεί την αναμενόμενη απόδοση σε σχέση με την προβλεπόμενη τυπική απόκλιση των αποδόσεων. Η εκ των υστέρων εκδοχή, που ονομάζεται επίσης ιστορικός λόγος Sharpe, υπολογίζεται με βάση παρατηρούμενα δεδομένα και αντικατοπτρίζει την ιστορική μέση απόδοση σε σχέση με την τυπική απόκλιση[10].

Στην παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρωνόμαστε στη χρήση του δείκτη για τη λήψη αποφάσεων και, ως εκ τούτου, ασχολούμαστε με την εκ των προτέρων εκδοχή του δείκτη Sharpe. Υπολογίζεται αφαιρώντας την απόδοση χωρίς κίνδυνο από την απόδοση του χαρτοφυλακίου και διαιρώντας το αποτέλεσμα με την τυπική απόκλιση του χαρτοφυλακίου. Μαθηματικά, εκφράζεται ως εξής:

$$\text{Sharpe Ratio} = \frac{R_p - R_f}{\sigma_p}$$

όπου R_p είναι η απόδοση του χαρτοφυλακίου, R_f είναι το επιτόκιο χωρίς κίνδυνο και σ_p είναι η τυπική απόκλιση του χαρτοφυλακίου [10]. Ο δείκτης Sharpe βοηθά στον εντοπισμό του πιο αποτελεσματικού χαρτοφυλακίου συγκρίνοντας τις αποδόσεις σε σχέση με τον κίνδυνο, με υψηλότερη τιμή του δείκτη Sharpe να υποδηλώνει ευνοϊκότερη ισορροπία απόδοσης-κινδύνου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο λόγος Sharp που μελετάμε ταυτίζεται με την κλιση της εξίσωσης της ευθείας CAL και υπολογίζει την πρόσθετη απόδοση του χαρτοφυλακίου σε σχέση με την απόδοση ενός περιουσιακού στοιχείου μηδενικού κινδύνου ανά μονάδα συνολικού κινδύνου. Ο δείκτης Sharpe θεωρείται από τους πιο σημαντικούς δείκτες στη διαχείριση επενδύσεων.

Πίνακας Συνδιακύμανσης: Ο πίνακας συνδιακύμανσης είναι ένας τετραγωνικός πίνακας που αναπαριστά τη διακύμανση και τις σχέσεις μεταξύ των αποδόσεων των περιουσιακών στοιχείων. Οι διαγώνιες τιμές του πίνακα αντιπροσωπεύουν τη διακύμανση των αποδόσεων των περιουσιακών στοιχείων.

Η συνδιακύμανση δύο μεταβλητών παρουσιάζεται παρακάτω. Έστω ότι R_1 και R_2 είναι δύο μεταβλητές με τις αναμενόμενες τιμές τους αντίστοιχα $E[R_1]$ και $E[R_2]$:

$$\text{Cov}(R_1, R_2) = E\left[(R_1 - E[R_1])(R_2 - E[R_2])\right] = \sigma_{R_1,R_2}$$

Όταν έχουμε να κάνουμε με περισσότερα από δύο περιουσιακά στοιχεία, μπορούμε να αναπαραστήσουμε τη συνδιακύμανση σε μορφή πίνακα. Αυτός ονομάζεται πίνακας συνδιακύμανσης (Σ):

$$\Sigma = E\left[(R-\mu)(R-\mu)^T\right]$$

όπου:

- R: Αντιπροσωπεύει τις αποδόσεις των περιουσιακών στοιχείων ως διάνυσμα.
- μ: Αντιπροσωπεύει τις αναμενόμενες αποδόσεις ως διάνυσμα.

2.3.2 Ρευστότητα

Η ρευστότητα των περιουσιακών στοιχείων και κατ΄ επέκταση ενός χαρτοφυλακίου,αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τους επενδυτές, καθώς αντικατοπτρίζει την ευκολία με την οποία ένα περιουσιακό στοιχείο μπορεί να πωληθεί άμεσα χωρίς να επηραστεί σημαντικά η τιμή του. Ένα καλά δομημένο χαρτοφυλάκιο θα πρέπει να δίνει προτεραιότητα στη ρευστότητα, ώστε να είναι δυνατή σε περίπτωση ανάγκης η άμεση πρόσβαση σε κεφάλαια, είτε για τον μετριασμό ζημιών, είτε για την αξιοποίηση νέων επενδυτικών ευκαιριών, είτε για την αντιμετώπιση απρόβλεπτων οικονομικών αναγκών.Οι εκτιμήσεις για τη ρευστότητα διαφόρων περιουσιακών στοιχείων είναι ουσιώδεις κατά την επιλογή των κατάλληλων επενδυτικών προϊόντων και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαχείριση του κεφαλαίου. Η ενσωμάτωση περιουσιακών στοιχείων υψηλής ρευστότητας, όπως ορισμένες μετοχές ή περιουσιακά στοιχεία σταθερού επιτοκίου, διασφαλίζει ότι ένα μέρος του χαρτοφυλακίου μπορεί να παρέχει άμεση πρόσβαση σε μετρητά χωρίς ουσιαστικές παρενέργειες στις τιμές της αγοράς, εάν αυτό κριθεί απαραίτητο[11].

Ορισμένα από τα σημαντικότερα οφέλη της ρευστότητας παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω [11]:

- **Προσαρμογή στην αγορά:** Η ρευστότητα επιτρέπει στους επενδυτές να ανταπεξέρχονται και να προσαρμόζονται αποτελεσματικά σε προβλεπόμενες αλλαγές στην απόδοση των περιουσιακών στοιχείων.
- **Αποκατάσταση της ισορροπίας του χαρτοφυλακίου:** Όταν απρόβλεπτες μεταβολές των τιμών προκαλούν αποκλίσεις στην απόδοση, οι επενδυτές μπορούν εύκολα να τροποποιήσουν τα επενδυτικά βάρη του χαρτοφυλακίου, διατηρώντας την αποτελεσματικότητά του.
- **Προσαρμογή κεφαλαίου:** Η ρευστότητα παρέχει ευελιξία για την κάλυψη απρόβλεπτων οικονομικών υποχρεώσεων χωρίς ο επενδυτής να βασίζεται σε δαπανηρούς δανεισμούς.
- **Νέες ευκαιρίες:** Τα ρευστά περιουσιακά στοιχεία επιτρέπουν στους επενδυτές να εκμεταλλεύονται νέες ευκαιρείες ή στρατηγικές και να αποχωρούν εύκολα από θέσεις με χαμηλή απόδοση.
- **Μεταβαλλόμενη ανοχή στον κίνδυνο:** Η ρευστότητα διευκολύνει την προσαρμογή του χαρτοφυλακίου στις μεταβαλλόμενες προτιμήσεις κινδύνου του επενδυτή.

2.3.3 Διαφοροποίηση

Η επένδυση σε πολυάριθμα διαφορετικά περιουσιακά στοιχεία διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη μείωση του κινδύνου ενός χαρτοφυλακίου. Η επενδυτική αυτή στρατηγική είναι γνωστή ως διαφοροποίηση. Ωστόσο, η έννοια της διαφοροποίησης δεν αφορά μόνο στην κατοχή μεγάλου αριθμού διαφορετικών περιουσικών στοιχείων, αλλά εξαρτάται και από τους κλάδους στους οποίους ανήκουν οι εν λόγω τίτλοι.Αυτό συμβαίνει, διότι όπως είναι αναμενόμενο οι εταιρείες του ίδιου κλάδου είναι πιο πιθανό να αντιμετωπίζουν παρόμοιες προκλήσεις την ίδια χρονική στιγμή, γεγονός που αυξάνει τον κίνδυνο συσχέτισης των επιδόσεών τους. Σύμφωνα με τη θεωρία χαρτοφυλακίου του Markowitz, η διαφοροποίηση μεταξύ των κλάδων μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο καθώς οι εταιρείες σε διαφορετικούς κλάδους τείνουν να έχουν μικρότερη συνδιακύμανση στις αποδόσεις από ό,τι εκείνες του ίδιου κλάδου.Το ίδιο ισχύει και για διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές.

Υπό αυτό το πρίσμα, το βέλτιστο επίπεδο διαφοροποίησης καθορίζεται από τη μέθοδο της οριακής ανάλυσης - οι επενδυτές δύνανται να συνεχίσουν τη διαφοροποίηση όσο τα οφέλη από τη μείωση του κινδύνου υπερτερούν του κόστους.Όπως προαναφέρθηκε, τα οφέλη της διαφοροποίησης αντικατοπτρίζονται στη μείωση του συνολικού κινδύνου του χαρτοφυλακίου, που συνήθως μετράται με την τυπική απόκλιση των αποδόσεων. Ωστόσο, υπάρχουν και κόστη που συνδέονται με τη διαφοροποίηση, συμπεριλαμβανομένων των εξόδων συναλλαγών (τα κόστη που συνεπάγεται η αγορά και η πώληση τίτλων) και των εξόδων διακράτησης (το κόστος διαχείρισης και διατήρησης των χαρτοφυλακίων)[12]. Καθώς οι επενδυτές διαφοροποιούν τα χαρτοφυλάκιά τους, ο συνολικός κίνδυνος τείνει να μειώνεται, ιδίως όταν οι συσχετίσεις μεταξύ των επιμέρους περιουσιακών στοιχείων του χαρτοφυλακίου μειώνονται. Όσο πιο ασυσχέτιστα είναι τα περιουσιακά στοιχεία, τόσο πιο αποτελεσματική γίνεται η διαφοροποίηση στη μείωση του κινδύνου.Ωστόσο, υπάρχει ένα σημείο στο οποίο η περαιτέρω διαφοροποίηση δεν παρέχει πλέον σημαντική ωφέλεια. Το βέλτιστο επίπεδο διαφοροποίησης εξαρτάται από παράγοντες όπως η συσχέτιση μεταξύ των αποδόσεων των περιουσιακών στοιχείων, το κόστος απόκτησης και διαχείρισης αυτών των περιουσιακών στοιχείων και η αναμενόμενη απόδοση των μετοχών (γνωστή ως ασφάλιστρο μετοχών).

Αντίθετα, η συμπεριφορική θεωρία χαρτοφυλακίου προσφέρει μία διαφορετική οπτική για το πώς οι επενδυτές προσεγγίζουν τη διαφοροποίηση. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, οι επενδυτές δεν σκέφτονται αποκλειστικά τον κίνδυνο και την απόδοση. Αντίθετα, κατασκευάζουν τα χαρτοφυλάκιά τους με βάση την ¨πυραμίδα' των προτιμήσεων,με διαφορετικά επίπεδα της πυραμίδας να συνεπάγονται και διαφορετικά επίπεδα κινδύνου[12].Αναλυτικότερα,

- Στα χαμηλότερα στρώματα βρίσκονται τα πιο ασφαλή περιουσιακά στοιχεία με στόχο την προστασία του επενδυτή από τον κίνδυνο.
- Στα ανώτερα στρώματα, οι επενδυτές τοποθετούν πιο επιθετικές επενδύσεις με μεγαλύτερο κίνδυνο, όπως μετοχές υψηλής απόδοσης, για να επιδιώξουν μεγάλα κέρδη.

Καθώς οι επενδυτές κινούνται ψηλότερα στην πυραμίδα, η προσέγγιση μετατοπίζεται από το να αποφεύγουν τον κίνδυνο στο να αποσκοπούν σε υψηλότερες αποδόσεις.Η εστίαση κάθε επενδυτή καθορίζεται πρωταρχικά από τις φιλοδοξίες και τις προτιμήσεις του και όχι από μια μελετημένη στρατηγική διαχείρισης του ρίσκου[12].

Συνοπτικά, ενώ η θεωρία χαρτοφυλακίου του Markowitz επικεντρώνεται στην ελαχιστοποίηση του κινδύνου μέσω της διαφοροποίησης, η συμπεριφορική θεωρία εστιάζει στις ψυχολογικές προτιμήσεις που επηρεάζουν τις επενδυτικές αποφάσεις. Έτσι, οι δύο θεωρίες προσφέρουν διαφορετικές αλλά συμπληρωματικές οπτικές για τη διαχείριση χαρτοφυλακίων, ως προς την διαφοροποίηση.

2.4 Χρησιμότητα Χαρτοφυλακίου (Portfolio utility)

Η χρησιμότητα χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση ανταγωνιστικών επενδυτικών χαρτοφυλακίων, παρέχοντας στους επενδυτές έναν δομημένο τρόπο επιλογής του χαρτοφυλακίου που ανταποκρίνεται καλύτερα στις προτιμήσεις τους. Η βασική ιδέα πίσω από τη χρησιμότητα είναι ότι ένας ορθολογικός επενδυτής που αποφεύγει τον κίνδυνο αξιολογεί χαρτοφυλάκια σταθμίζοντας τη σχέση μεταξύ των αναμενόμενων αποδόσεων και του επιπέδου κινδύνου που συνεπάγονται. Η προσέγγιση αυτή ενσωματώνει την έννοια της χρησιμότητας ως ένα συμπληρωμαατικό κριτήριο αξιολόγησης ανταγωνιστικών χαρτοφυλακίων που συνδυάζει την εκτιμώμενη απόδοση με τον κίνδυνο[13].

Μια τυπική συνάρτηση χρησιμότητας εκφράζεται ως εξής:

$$U = E(r) - \frac{1}{2}A\sigma^2$$

όπου:

- U:Η χρησιμότητα του χαρτοφυλακίου.
- $E(r)$: Η αναμενόμενη απόδοση του χαρτοφυλακίου.
- σ^2: Η διακύμανση του χαρτοφυλακίου.
- A: Ο συντελεστής αποστροφής κινδύνου του επενδυτή, ο οποίος αντικατοπτρίζει την ανοχή του στον κίνδυνο. - Χαμηλότερες τιμές του A αντιστοιχούν σε μεγαλύτερη ανοχή στον κίνδυνο. - Υψηλότερες τιμές υποδηλώνουν μεγαλύτερη αποστροφή στον κίνδυνο.

Από την παραπάνω συνάρτηση προκύπτει ότι τα χαρτοφυλάκια που έχουν υψηλότερες αναμενόμενες αποδόσεις έχουν και μεγαλύτερη χρησιμότητα, ενώ υψηλότερες τιμές κινδύνου (με βάση τη διακύμανση) οδηγούν σε μειωμένη χρησιμότητα. Ο συντελεστής αποστροφής κινδύνου A ρυθμίζει το βαθμό στον οποίο ο κίνδυνος μειώνει τη χρησιμότητα, επιτρέποντας την εξειδικευμένη εφαρμογή της συνάρτησης για μεμονωμένους επενδυτές με διαφορετική ανοχή στον κίνδυνο. Για παράδειγμα, οι επενδυτές με υψηλότερη αποστροφή στον κίνδυνο μπορεί να έχουν τιμή A κοντά στο 4, ενώ εκείνοι με μικρότερη αποστροφή στον κίνδυνο μπορεί να έχουν τιμή A κοντά στο 2.

Μια εναλλακτική και κοινώς χρησιμοποιούμενη συνάρτηση χρησιμότητας είναι:

$$U = EV - 0.005A\sigma^2$$

όπου:

- EV: Η αναμενόμενη απόδοση ή αξία του χαρτοφυλακίου.

- A: Ο δείκτης αποστροφής κινδύνου του επενδυτή.
- 0.005: Ένας συντελεστής κλιμάκωσης για την ομαλοποίηση των αποδόσεων και των κινδύνων όταν εκφράζονται ως ποσοστά.

Αυτή η εξίσωση δείχνει επίσης ότι η χρησιμότητα αυξάνεται με υψηλότερες αναμενόμενες αποδόσεις αλλά μειώνεται με υψηλότερο κίνδυνο.

Η χρησιμότητα είναι σημαντική παράμετρος για τη διαχείριση ενός χαρτοφυλακίου και χρησιμοποιείται από τους διαχειριστές κεφαλαίων και τους επενδυτές για τη λήψη αποφάσεων που ευθυγραμμίζονται με την ανοχή τους στον κίνδυνο και τις προσδοκίες απόδοσης. Οι καμπύλες αδιαφορίας που θα αναλύσουμε στην επόμενη ενότητα χρησιμοποιούνται συχνά μαζί με τη χρησιμότητα για να απεικονίσουν τον συμβιβασμό μεταξύ κινδύνου και απόδοσης για ένα δεδομένο επίπεδο χρησιμότητας.

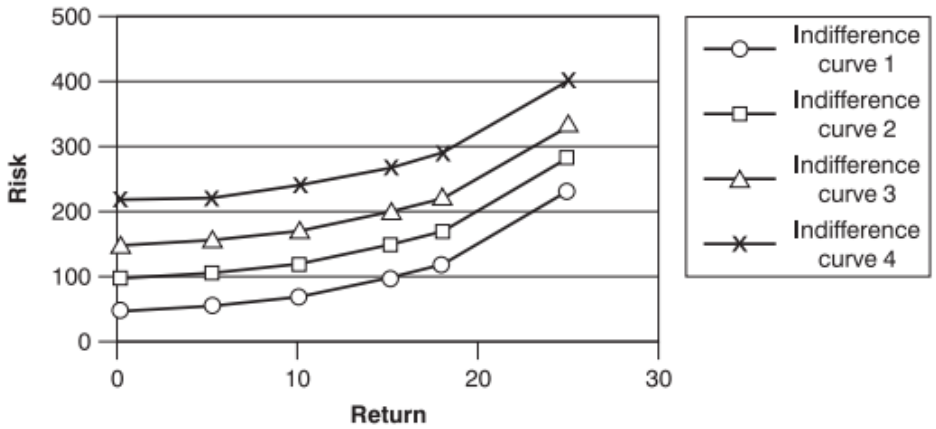
2.5 Καμπύλες Αδιαφορίας

Όπως έχουμε προαναφέρει, οι καμπύλες αδιαφορίας χρησιμοποιούνται συνήθως μαζί με τη βαθμολογία της χρησιμότητας για τον προσδιορισμό του βέλτιστου χαρτοφυλακίου ως προς την απόδοση και τον κίνδυνο.

Οι καμπύλες αδιαφορίας,άπειρες για κάθε επενδυτή, αποτελούν μια γραφική αναπαράσταση των προτιμήσεών του ως προς την απόδοση και τον κίνδυνο. Οι καμπύλες αυτές απεικονίζουν τους συμβιβασμούς που είναι διατεθειμένος να κάνει ένας επενδυτής και κάθε καμπύλη αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο ικανοποίησης.Ο οριζόντιος άξονας του διαγράμματος αντιστοιχεί συνήθως στην αναμενόμενη απόδοση, ενώ ο κάθετος άξονας αντιπροσωπεύει τον κίνδυνο. Κάθε σημείο κατά μήκος μιας καμπύλης αδιαφορίας αντικατοπτρίζει το ίδιο επίπεδο ικανοποίησης για τον επενδυτή, πράγμα που σημαίνει ότι όλες οι επιλογές χαρτοφυλακίου στην εν λόγω καμπύλη είναι για τον επενδυτή εξίσου επιθυμητές. Στο σχήμα 2.3 όπου παρουσιάζεται μια γραφική αναπαράσταση των καμπυλών αδιαφορίας, τα διάφορα σχήματα (κύκλοι, τετράγωνα, τρίγωνα και σταυροί) αντιπροσωπεύουν χαρτοφυλάκια με τον ίδιο συνδυασμό κινδύνου (κάθετος άξονας) και απόδοσης (οριζόντιος άξονας) σε διαφορετικές καμπύλες αδιαφορίας [1].

Καθώς ο κίνδυνος αυξάνεται κατά μήκος μιας καμπύλης αδιαφορίας, απαιτείται υψηλότερη απόδοση για να διατηρηθεί το ίδιο επίπεδο ικανοποίησης. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι καμπύλες αδιαφορίας έχουν κλίση προς τα πάνω, υποδεικνύοντας ότι οι επενδυτές απαιτούν αποζημίωση με τη μορφή υψηλότερων αποδόσεων για την ανάληψη πρόσθετου κινδύνου.Μεγαλύτερη κλίση υποδηλώνει ότι ο επενδυτής αποστρέφεται περισσότερο τον κίνδυνο, ενώ μικρότερη κλίση σηματοδοτεί μεγαλύτερη ανοχή στον κίνδυνο.

Το βέλτιστο χαρτοφυλάκιο για έναν επενδυτή καθορίζεται από το σημείο όπου η καμπύλη αδιαφορίας του εφάπτεται στο efficient frontier. Όπως έχει ήδη εξηγηθεί το αποτελεσματικό σύνορο είναι το σύνολο των χαρτοφυλακίων που παρέχουν την υψηλότερη δυνατή απόδοση για δεδομένο επίπεδο κινδύνου. Το σημείο εφαπτομένης αντανακλά το χαρτοφυλάκιο που μεγιστοποιεί την ικανοποίηση του επενδυτή, καθώς προσφέρει την καλύτερη αντιστάθμιση μεταξύ κινδύνου και απόδοσης.



Σχήμα 2.4: *Καμπύλες Αδιαφορίας [1]*

Οι καμπύλες αδιαφορίας αποτελούν βασικό εργαλείο για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι επενδυτές αξιολογούν και επιλέγουν μεταξύ ανταγωνιστικών χαρτοφυλακίων. Αναπαριστούν οπτικά τη σχέση μεταξύ των προτιμήσεων ως προς τον κίνδυνο και την απόδοση και συμβάλουν στον εντοπισμό του βέλτιστου χαρτοφυλακίου εντοπίζοντας το σημείο εφαπτομένης με το αποτελεσματικό σύνορο. Αναλύοντας τις καμπύλες αδιαφορίας ενός επενδυτή, οι διαχειριστές χαρτοφυλακίου μπορούν να σχεδιάσουν επενδυτικές στρατηγικές που συμβαδίζουν με τα επίπεδα ανοχής κινδύνου, τους χρονικούς ορίζοντες και τις οικονομικές επιδιώξεις κάθε επενδυτή.

2.6 Μοντέλο Απλού Δείκτη και Μοντέλο Αποτίμησης Περιουσιακών Στοιχείων

2.6.1 Μοντέλο Απλού Δείκτη- Single-Index Model (SIM)

Το Μοντέλο Απλού Δείκτη (SIM), που εισήχθη από τον William F. Sharpe τη δεκαετία του 1960, απλοποιεί τη σχέση μεταξύ των αποδόσεων ενός περιουσιακού στοιχείου και των κινήσεων της αγοράς, χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση γραμμικής παλινδρόμησης. Η βασική εξίσωση του μοντέλου, $R_i = a_i + b_i R_M + e_i$, ορίζει τη χαρακτηριστική γραμμή (CL), γνωστή και ως γραμμή ελαχίστων τετραγώνων

όπου:

- R_i: Αντιπροσωπεύει την απόδοση του περιουσιακού στοιχείου i.
- a_i: Η σταθερή απόδοση που είναι ανεξάρτητη από τις διακυμάνσεις της αγοράς.
- b_i (συντελεστής παλινδρόμησης): Μετρά την ευαισθησία της απόδοσης του περιουσιακού στοιχείου στην απόδοση της αγοράς.
- R_M: Δηλώνει την απόδοση του δείκτη της αγοράς.

- e_i: Αντιπροσωπεύει τον όρο σφάλματος που αντανακλά τις αποκλίσεις μεταξύ των πραγματικών και των αναμενόμενων αποδόσεων όταν οι αποδόσεις της αγοράς είναι γνωστές.

Επιπλέον, το μοντέλο διαχωρίζει τον συνολικό κίνδυνο σε:συστηματικό κίνδυνο, ο οποίος οφείλεται στις κινήσεις της αγοράς και μη συστηματικό κίνδυνο, ο οποίος μπορεί να διαφοροποιηθεί μέσω της κατασκευής ενός αποτελεσματικού χαρτοφυλακίου.Με βάση τον συστηματικό κίνδυνο, που ποσοτικοποιείται από το b_i, το SIM κατηγοριοποιεί τα περιουσιακά στοιχεία ως είτε ¨αμυντικά' ($b_i < 1$) είτε ¨επιθετικά' ($b_i > 1$), ανάλογα με τη μεταβλητότητά τους σε σχέση με την αγορά.

Η χαρακτηριστική γραμμή ελαχιστοποιεί το άθροισμα των τετραγωνικών σφαλμάτων, εξασφαλίζοντας μια στατιστικά βέλτιστη προσαρμογή μεταξύ των αποδόσεων του περιουσιακού στοιχείου και της αγοράς.Μειώνει έτσι τις υπολογιστικές απαιτήσεις σε σύγκριση με πιο πολύπλοκα μοντέλα, όπως αυτό του Markowitz, καθιστώντας το SIM ένα πρακτικό εργαλείο για την εκτίμηση των αποδόσεων και του κινδύνου ενός χαρτοφυλακίου.Επιπλέον, όταν ο αριθμός των περιουσιακών στοιχείων σε ένα χαρτοφυλάκιο αυξάνεται, το μοντέλο αποκαλύπτει ότι ο μη συστηματικός κίνδυνος πλησιάζει το μηδέν, αφήνοντας ως μοναδικό παράγοντα που επηρεάζει την απόδοση του χαρτοφυλακίου τον συστηματικό κίνδυνο.Συνοπτικά, το SIM συσχετίζει τις αποδόσεις των περιουσιακών στοιχείων, με έναν κοινό παράγοντα, τον δείκτη της αγοράς και αποσκοπεί στην απλοποίηση της διαδικασίας ανάλυσης ενός χαρτοφυλακίου.

2.6.2 Μοντέλο Αποτίμησης Περιουσιακών Στοιχείων-Capital Asset Pricing Model (CAPM)

Το Μοντέλο Αποτίμησης Περιουσιακών Στοιχείων(CAPM), που επισημοποιήθηκε από τον Sharpe με τη συμβολή των John Lintner [14] και Jan Mossin [15] στα μέσα της δεκαετίας του 1960, επεκτείνει το Μοντέλο Απλού Δείκτη(Single Index Model - SIM) παρέχοντας ένα θεωρητικό πλαίσιο για τον προσδιορισμό της αναμενόμενης απόδοσης καθενός περιουσιακού στοιχείου με βάση τον συστηματικό κίνδυνο. Συσχετίζει την αναμενόμενη απόδοση ενός περιουσιακού στοιχείου, με τον συντελεστή βήτα (beta coefficient) , εκφράζοντας τη συνδιακύμανση του περιουσιακού στοιχείου με το χαρτοφυλάκιο της αγοράς Το CAPM υποθέτει ορθολογικούς επενδυτές και ελεύθερη πρόσβαση στις πληροφορίες της αγοράς.Υποστηρίζει ότι η αναμενόμενη απόδοση ενός περιουσιακού στοιχείου, $E(R_i)$, είναι μια γραμμική συνάρτηση του επιτοκίου χωρίς κίνδυνο (r_f), του b_i του περιουσιακού στοιχείου και του ασφαλίστρου κινδύνου της αγοράς ($E(R_M) - r_f$). Η παραπάνω σχέση εκφράζεται ως εξής:

$$E(R_i) = r_F + RiskPremium = r_F + \beta_i \left(E(R_M) - r_F\right)$$

με

$$\beta = \frac{cov(R_i, R_M)}{\sigma^2(R_M)}$$

Το μοντέλο αναπαρίσταται γραφικά με τη Γραμμή της Αγοράς Περιουσιακών στοιχείων(Security Market Line - SML), η οποία απεικονίζει τη σχέση μεταξύ του b και των αναμενόμενων αποδόσεων.Το CAPM βοηθά στον εντοπισμό εσφαλμένα αποτιμημένων περιουσιακών στοιχείων, καθοδηγώντας τους επενδυτές προς ευκαιρίες με αποδόσεις υψηλότερες από τις αναμενόμενες για το επίπεδο κινδύνου τους ή μακριά από υπερτιμημένες επεν-

δύσεις.Συνοπτικά, το CAPM χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της αναμενόμενης απόδοσης ενός περιουσιακού στοιχείου σε σχέση με τον συστηματικό κίνδυνο και για την αξιολόγηση του εάν ένα περιουσιακό στοιχείο είναι υπερτιμημένο ή υποτιμημένο.

2.7 Επενδυτικές Στρατηγικές

Όπως είδαμε σε αυτό το κεφάλαιο, οι επενδυτικές στρατηγικές που χρησιμοποιούνται μπορεί να διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με τους στόχους κάθε επενδυτή, την ανοχή του στον κίνδυνο και τις προοπτικές της αγοράς [16]. Η βασικότερη κατηγοριοποίηση τις διαχωρίζει σε παθητικές και ενεργητικές προσεγγίσεις, με περαιτέρω υποδιαιρέσεις βάσει συγκεκριμένων μεθοδολογιών.Οι παθητικές στρατηγικές δίνουν προτεραιότητα στην απλοποίηση και την ελαχιστοποίηση του κόστους,γεγονός που τις καθιστά ιδανικές για επενδυτές που αποστρέφονται τον κίνδυνο. Οι ενεργητικές στρατηγικές απαιτούν συνεχή παρακολούθηση της αγοράς, τεχνική ανάλυση και υψηλότερα επίπεδα ανοχής κινδύνου. Παρακάτω αναλύουμε τις βασικότερες από τις επενδυτικές στρατηγικές αυτές.

2.7.1 Παθητικές Επενδυτικές Στρατηγικές

Μία από τις πιο ευρέως διαδεδομένες παθητικές επενδυτικές στρατηγικές είναι η προσέγγιση **Buy-and-Hold (BAH)**. Σε αυτή τη στρατηγική, ο επενδυτής κατανέμει τον πλούτο του μεταξύ κάποιων περιουσιακών στοιχείων δημιουργώνας ένα αρχικό χαρτοφυλάκιο το οποίο και διατηρεί για μεγάλο χρονικό διάστημα, συνήθως πέραν του έτους, χωρίς επανεξισορρόπηση [16].Οι διακυμάνσεις της αγοράς προσαρμόζουν φυσικά τη σύνθεση του χαρτοφυλακίου με την πάροδο του χρόνου. Αυτή η στρατηγική προτιμάται από τους επενδυτές λόγω της απλότητας, της αποδοτικότητας και της δυνατότητας μακροπρόθεσμων κερδών που παρουσιάζει.Ελαχιστοποιεί τα έξοδα διαπραγμάτευσης και τις φορολογικές υποχρεώσεις, γεγονός που την καθιστά ιδιαίτερα ελκυστική σε διαχειριστές συνταξιοδοτικών ταμείων και ανεξάρτητους επενδυτές που στοχεύουν στη μείωση του κινδύνου.Η διαφοροποίηση στο πλαίσιο του χαρτοφυλακίου BAH περιλαμβάνει συχνά ένα μείγμα μετοχών και ομολόγων, συνήθως σε αναλογία 60-40, αν και αυτό μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τις ανάγκες των μεμονωμένων επενδυτών.

Οι μετοχές αξίας, οι οποίες συχνά υποαποδίδουν ή υποτιμώνται κατά τη στιγμή της αγοράς, τείνουν να αποδίδουν καλύτερες μακροπρόθεσμες αποδόσεις σε σύγκριση με τις μετοχές ανάπτυξης, οι οποίες συνδέονται με εταιρείες που έχουν ήδη εδραιωθεί στην αγορά. Μεγάλοι επενδυτές έχουν χρησιμοποιήσει αυτή τη στρατηγική επενδύοντας σε υποτιμημένες εταιρείες κατά τη διάρκεια υφέσεων.Ενώ η BAH είναι κυρίως μια παθητική στρατηγική, μια συναφής προσέγγιση, η στρατηγική **Best Stock (Best)**, επικεντρώνεται στην επιλογή της μοναδικής μετοχής με την καλύτερη απόδοση αντιπροσωπεύοντας μια πιο επιθετική και ριψοκίνδυνη παραλλαγή της BAH.

2.7.2 Ενεργητικές Επενδυτικές Στρατηγικές

Σε αντίθεση με τις παθητικές, οι ενεργητικές επενδυτικές στρατηγικές χαρακτηρίζονται από συχνές συναλλαγές και προσαρμογές του χαρτοφυλακίου με βάση τις συνθήκες της αγοράς, τις τεχνικές αναλύσεις που πραγματοποιούν οι επενδυτές και τις βραχυπρόθεσμες ευκαιρίες

που προκύπτουν. Αυτές οι στρατηγικές χρησιμοποιούνται συνήθως από επενδυτές που είναι πρόθυμοι να αναλάβουν μεγαλύτερο ρίσκο για να επιδιώξουν υψηλότερες αποδόσεις.

Χαρτοφυλάκιο σταθερής επανεξισορρόπησης-Constant Rebalanced Portfolio (CRP)

Ένα benchmark για τις ενεργητικές επενδυτικές συναλλαγές είναι η στρατηγική **Constant Rebalanced Portfolio (CRP)**, όπου το χαρτοφυλάκιο εξισορροπείται σε σταθερές αναλογίες ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Ενώ η προσέγγιση αυτή εξασφαλίζει τη συνέπεια στη σύνθεση του χαρτοφυλακίου, συνεπάγεται υψηλό κόστος συναλλαγών.Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, μια παραλλαγή που ονομάζεται **Semi-Constant Rebalanced Portfolio (SemiCRP)** επαναφέρει την ισορροπία μόνο κατά τη διάρκεια επιλεγμένων περιόδων, μειώνοντας το κόστος των συχνών συναλλαγών [16].

Day Trading

Μία από τις πιο γνωστές ενεργητικές επενδυτικές στρατηγικές είναι η στρατηγική day trading, κατά την οποία τα περιουσιακά στοιχεία αγοράζονται και πωλούνται εντός της ίδιας ημέρας διαπραγμάτευσης.Αυτή η στρατηγική χρησιμοποιείται συνήθως από επαγγελματίες και έμπειρους επενδυτές και επικεντρώνεται σε μετοχές και σε χρηματοπιστωτικές αγορές. Οι βασικοί παράγοντες για τους day traders περιλαμβάνουν τη ρευστότητα (ευκολία πώλησης τίτλων έναντι μετρητών) και τη μεταβλητότητα (το εύρος τιμών μιας μετοχής).Οι επενδυτές αυτοί βασίζονται σε στρατηγικές όπως:

- **Scalping:** Γρήγορες συναλλαγές που συχνα διεξάγεται σε λεπτά ή δευτερόλεπτα για να επωφεληθούν οι επενδυτές από μικρές αλλαγές στις τιμές
- **Daily Pivots:** Αξιοποίηση των διακυμάνσεων της αγοράς μέσω πραγματοποίησης αγοραπωλησιών στα χαμηλότερα και υψηλότερα σημεία της ημέρας, ως προς τις τιμές αντίστοιχα
- **Momentum:** Επένδυση σε μετοχές που κινούνται έντονα και παρουσιάζουν αυξητική τάση.
- **Fading:** Μια προσέγγιση που περιλαμβάνει πωλήσεις μετά από απότομη άνοδο των τιμών, λόγω προβλεπόμενης απότομης πτώσης

Ενώ το day trading μπορεί να αποφέρει σημαντικές αποδόσεις,ενέχει μεγάλο ποσοστό κινδύνου και απαιτεί σημαντική εμπειρία στην αγορά, κεφάλαιο και ένα καλά καθορισμένο επενδυτικό πλάνο.

Position Trading

Σε αντίθεση με το day trading, το **position trading** εκτείνεται σε μεγαλύτερους χρονικούς ορίζοντες, που κυμαίνονται από ημέρες έως μήνες. Οι επενδυτές αναλύουν τα ιστορικά δεδομένα και τις τάσεις της αγοράς για να προβλέψουν τις μελλοντικές κινήσεις των μετοχών. Το βάθος αυτών των αναλύσεων καθορίζει το πόσο καιρό ο επενδυτής διατηρεί μια επενδυτική θέση. Οι επενδυτές που χρησιμοποιούν αυτή την τεχνική αποχωρούν από τις επενδυτικές τους θέσεις όταν οι μετοχές αποκλίνουν από τις προβλεπόμενες τάσεις ή παρουσιάζουν υψηλή μεταβλητότητα.

Swing Trading

Η στρατηγική **Swing Trading** εστιάζει στην αξιοποίηση βραχυπρόθεσμων διακυμάνσεων των τιμών που διαρκούν από λίγες ημέρες έως μερικές εβδομάδες. Οι επενδυτές που ακολουθούν αυτή τη μέθοδο δεν επιδιώκουν να εκμεταλλευτούν τη συνολική μακροπρόθεσμη τάση ενός περιουσιακού στοιχείου, αλλά στοχεύουν σε κέρδη από ενδιάμεσες αυξομειώσεις που προκύπτουν μέσα σε μια ευρύτερη ανοδική ή πτωτική πορεία της αγοράς. Σε αντίθεση με το **Day Trading**, οι συναλλαγές δεν ολοκληρώνονται μέσα στην ίδια ημέρα, αλλά διατηρούνται για μέρες ή εβδομάδες, ενώ σε σχέση με το **Position Trading**, η χρονική διάρκεια των συναλλαγών είναι μικρότερη και η στρατηγική είναι πιο ευέλικτη. Αν και το **Swing Trading** μπορεί να είναι λιγότερο ριψοκίνδυνο από το **Day Trading**, απαιτεί ενεργή παρακολούθηση της αγοράς και γρήγορη λήψη αποφάσεων για τη μεγιστοποίηση των κερδών από βραχυπρόθεσμες κινήσεις των τιμών.

Συμπερασματικά, οι επενδυτικές στρατηγικές κυμαίνονται από παθητικές προσεγγίσεις έως ιδιαίτερα ενεργητικές μεθόδους, όπως το day trading και το swing trading.Η επιλογή της στρατηγικής εξαρτάται πρωταρχικά από τους στόχους κάθε επενδυτή, τις συνθήκες της αγοράς και την προθυμία του να εμβαθύνει στην πολυπλοκότητα των χρηματοπιστωτικών αγορών.

Κεφάλαιο 3

Προβλέψεις

3.1 Εισαγωγή στις Χρονοσειρές

Οι χρονοσειρές ή χρονολογικές σειρές αποτελούν σύνολα από διαδοχικές παρατηρήσεις ενός φυσικού ή άλλου μεγέθους, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους, καθώς η τιμή τους επηρεάζεται από προηγούμενες τιμές. Αυτή η αλληλεξάρτηση επιτρέπει την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών με βάση τις ιστορικές παρατηρήσεις, διαδικασία που χαρακτηρίζεται ως ντετερμινιστική. Ωστόσο, στις περισσότερες χρονοσειρές που συναντάμε στον πραγματικό κόσμο το μέλλον εξαρτάται από το παρελθόν μόνο εν μέρει, λόγω της επίδρασης εξωγενών παραγόντων. Έτσι, οι χρονοσειρές στην πραγματικότητα θεωρούνται στοχαστικές διαδικασίες, αφού ο τυχαίος παράγοντας επηρεάζει σημαντικά την εξέλιξη των τιμών τους. Τα μοντέλα που περιέχουν τον εν λόγω τυχαίο παράγοντα ονομάζονται στοχαστικά.

Η ανάλυση και η πρόβλεψη χρονοσειρών στηρίζεται συχνά στη διαδικασία της αποσύνθεσης. Στη διαδικασία αυτή, η διακύμανση της χρονοσειράς διαχωρίζεται σε τέσσερα επιμέρους συστατικά της στοιχεία, καθένα από τα οποία αναδεικνύει μια συγκεκριμένη πτυχή της χρονοσειράς. Αυτά τα στοιχεία περιλαμβάνουν την τάση, την εποχικότητα, την κυκλικότητα και τη διακύμανση. Τα κύρια χαρακτηριστικά καθενός από αυτά περιγράφονται παρακάτω.

- **Τάση:** Αντιπροσωπεύει πιθανή μακροπρόθεσμη μεταβολή του μέσου επιπέδου τιμών της χρονοσειράς. Το διάστημα ανάλυσης της τάσης πρέπει να επιλέγεται προσεκτικά, καθώς οι κυκλικές διακυμάνσεις μπορεί να υπερκαλύπτουν τη διαθέσιμη περίοδο, οδηγώντας σε λανθασμένη εκτίμηση των μεταβολών ως τάση [17].

- **Κυκλικότητα:** Αντιστοιχεί σε περιοδικές 'κυματοειδείς' μεταβολές που προκαλούνται από εξωγενείς παράγοντες. Οι περίοδοι αυτών των κύκλων είναι συνήθως μεγαλύτερες του ενός έτους και παρατηρούνται σε οικονομικές χρονοσειρές, όπως το ΑΕΠ ή οι δείκτες βιομηχανικής παραγωγής [18]. Αυτές οι διακυμάνσεις σχετίζονται με επιχειρηματικούς κύκλους, δηλαδή περιόδους ανόδου και ύφεσης της οικονομίας.

- **Εποχικότητα:** Αφορά περιοδικές διακυμάνσεις με σταθερή διάρκεια μικρότερη του έτους [19]. Οι διακυμάνσεις αυτές είναι συνήθως προβλέψιμες και επαναλαμβάνονται με τον ίδιο τρόπο κάθε περίοδο.

- **Ασυνέχειες:** Αυτές περιλαμβάνουν απότομες μεταβολές στις τιμές της χρονοσειράς που δεν μπορούν να προβλεφθούν από τα διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα. Διακρίνονται

σε [20]:

- *Προσωρινές ασυνέχειες (outliers):* Αφορούν παρατηρήσεις που αποκλίνουν σημαντικά λόγω ειδικών γεγονότων
- *Μόνιμες αλλαγές επιπέδου (level-shifts):* Αφορούν απότομες μεταβολές του μέσου επιπέδου της χρονοσειράς [21].

- **Μη κανονικές διακυμάνσεις:** Αφού απομονωθούν η τάση, η εποχικότητα και η κυκλικότητα, απομένουν τυχαίες διακυμάνσεις ή αλλαγές που συνδέονται με εξαιρετικά γεγονότα.Οι διακυμάνσεις αυτές μπορεί να αντιπροσωπεύουν μια τυχαία μεταβλητή που εκφράζει τον τυχαίο παράγοντα μιας στοχαστικής διαδικασίας ή ακόμα και κάποια ασυνέχεια.

3.2 Διαδικασία πρόβλεψης

Η έννοια της πρόβλεψης είναι άρρηκτα συνυφασμένη με τη λήψη αποφάσεων είτε αυτές αφορούν καθημερινά ζητήματα είτε επιχειρησιακές στρατηγικές μεγάλων εταιρειών. Σημαντικοί παράγοντες βρίσκονται καθημερινά αντιμέτωποι με την έννοια της αβεβαιότητας, γεγονός που επιτάσσει τη συστηματική μελέτη του μέλλοντος και την βελτιστοποίηση των μεθόδων πρόβλεψης. Πράγματι, το συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για τον κλάδο επεκτείνεται και πέρα από το περιβάλλον μιας επιχείρησης. Τα τελευταία χρόνια οι προβλέψεις και τα πολυάριθμα μοντέλα προέκτασης ιστορικών δεδομένων βρίσκουν εφαρμογή σε πληθώρα επιστημονικών και ερευνητικών πεδίων, αλλά και σε καθημερινές πτυχές της ζωής. Εκτός από την Οικονομία και τα Χρηματοοικονομικά,μέθοδοι πρόβλεψης χρησιμοποιούνται στους τομείς της περιβαλλοντικής προστασίας και του κλίματος, στο κοινωνικό περιβάλλον, στον τομέα των μεταφορών, στον τουρισμό, σε ζητήματα σχετικά με κτηματικές περιουσίες, ακίνητα και πολλά ακόμα. Από τα παραπάνω καθίσταται σαφής τόσο η σημασία παραγωγής αξιόπιστων προβλέψεων όσο και η ικανότητα ορθής αξιοποίησής τους, στην οποία και θα εστιάσει η παρούσα διπλωματική.

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά τα πέντε βήματα στη διαδικασία παραγωγής και αξιολόγησης προβλέψεων, σύμφωνα με τους Μακρυδάκη, Wheelright και Hyndman [22]

1. **Καθορισμός του προβλήματος:** Αποτελεί το σημαντικότερο και συχνά το πιο δύσκολο μέρος της διαδικασίας, καθώς είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός του αντικειμένου της πρόβλεψης,του τρόπου με τον οποίο θα προβλεφθεί το ζητούμενο και των ενδιαφερομένων που θα χρησιμοποιήσουν την εξαχθείσα πρόβλεψη.

2. **Συλλογή των δεδομένων:** Στο βήμα αυτό θα πρέπει να αφιερωθεί επαρκής χρόνος για την ορθή συλλογή και τη συντήρηση των δεδομένων. Εκτός απο τα ποσοτικά δεδομένα,καθοριστικής σημασίας κρίνονται και τα εμπειρικά όπως για παράδειγμα η συσσωρευμένη γνώση των εργαζομένων μιας επιχείρησης.

3. **Προετοιμασία των χρονοσειρών:** Περιλαμβάνει την προεπεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων μέσω της εξέτασης των ποιοτικών δεδομένων των χρονοσειρών. Στόχος είναι η αναγνώριση πιθανών προτύπων, τάσης ή εποχικότητας, καθώς και ασυνήθιστων τιμών.Επιπλέον, στό βήμα αυτό γίνεται απομόνωση των συνιστωσών της

χρονοσειράς και των ασυνήθιστων τιμών, ώστε να προκύψει μία εξομαλυμένη σειρά δεδομένων κατάλληλη για εισαγωγή στα μοντέλα πρόβλεψης.

4. **Επιλογή μεθόδων πρόβλεψης:** Βάσει των ιστορικών δεδομένων και των ιδιοτήτων κάθε μεθόδου, επιλέγονται τα κατάλληλα μοντέλα πρόβλεψης και προσδιορίζονται οι παράμετροί τους. Σκοπός είναι η παραγωγή προβλέψεων για τον ζητούμενο χρονικό ορίζοντα, με τη χρήση στατιστικής ή κριτικής επέκτασης των διαθέσιμων δεδομένων.

5. **Χρήση και αξιολόγηση των μοντέλων πρόβλεψης:** Το επιλεγμένο μοντέλο χρησιμοποιείται για να παραχθούν οι ζητούμενες προβλέψεις. Η αξιολόγηση της ακρίβειας του μοντέλου γίνεται εκ των υστέρων με την εμφάνιση νέων δεδομένων και τη χρήση εξειδικευμένων στατιστικών δεικτών. Η συνεχής παρακολούθηση των προτύπων της χρονοσειράς και των σφαλμάτων πρόβλεψης επιτρέπει τη διενέργεια διορθωτικών αλλαγών και την εξάλειψη της προκατάληψης στις τελικές προβλέψεις.

Στο συγκεκρομένο κεφάλαιο, εξετάζεται η διαδικασία πρόβλεψης με έμφαση στις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση μελλοντικών τιμών.Παρακάω παρουσιάζονται οι πιο διαδεδομένες στατιστικές μέθοδοι πρόβλεψης, οι οποίες βασίζονται σε ιστορικά δεδομένα και χρησιμοποιούν καθοριστικές σχέσεις για την εκτίμηση της μελλοντικής συμπεριφοράς μιας μεταβλητής. Στη συνέχεια, θα αναλυθούν οι πιθανοτικές προσεγγίσεις, οι οποίες λαμβάνουν υπόψη την αβεβαιότητα και εκφράζουν τις προβλέψεις μέσω κατανομών πιθανοτήτων, παρέχοντας έτσι μια πιο ευέλικτη και ρεαλιστική εκτίμηση των μελλοντικών εξελίξεων.

3.3 Στατιστικές Μέθοδοι Πρόβλεψης

3.3.1 Αφελής Μέθοδος

Η αφελής μέθοδος πρόβλεψης χρησιμεύει κυρίως ως σημείο αναφοράς για πιο πολύπλοκες μεθόδους, λόγω της απλότητάς της. Θεμελιώνεται στην παραδοχή ότι ο καλύτερος τρόπος να εκτιμηθεί η μελλοντική τιμή μιας χρονοσειράς σε οποιαδήποτε δεδομένη στιγμή είναι η τιμή την αμέσως προηγούμενη χρονική περίοδο. Επομένως, η προβλεπόμενη τιμή για το χρόνο t, που συμβολίζεται ως $F(t)$, εκφράζεται μαθηματικά ως $F(t) = Y(t-1)$, όπου $Y(t-1)$ η παρατηρούμενη τιμή της χρονοσειράς τη χρονική στιγμή $t-1$ [23]. Λόγω της απλότητάς της,η μέθοδος αυτή δεν παράγει ακριβή αποτελέσματα για μεγάλους χρονικούς ορίζοντες και ως εκ τούτου συχνά συνδυάζεται με άλλες μεθόδους πρόβλεψης.Μια επέκταση του βασικού μοντέλου λαμβάνει υπόψη την εποχικότητα των χρονοσειρών και προβλέπει μελλοντικές τιμές χρησιμοποιώντας την τελευταία παρατηρούμενη τιμή από την ίδια εποχή ή περίοδο στον προηγούμενο εποχιακό κύκλο. Μαθηματικά, η εποχιακή αφελής πρόβλεψη εκφράζεται ως $F(t) = Y(t - m(k+1))$ [24], όπου το m αντιπροσωπεύει τη διάρκεια της εποχικής περιόδου και k είναι ο ακέραιος που δηλώνει τον αριθμό των πλήρων εποχών που έχουν περάσει.

3.3.2 Μέθοδοι Μέσου Όρου

Εξίσου απλές χαρακτηρίζονατι και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν τον μέσο όρο προηγούμενων παρατηρήσεων για να εκτιμήσουν μελλοντικές τιμές μιας χρονοσειράς. Οι μέθοδοι

Μέσου Όρου είναι αποτελεσματικές κυρίως στην πρόβλεψη χρονοσειρών που παρουσιάζουν σταθερά μοτίβα με την πάροδο του χρόνου χωρίς σημαντικές εποχιακές διακυμάνσεις.Στην Απλή Μέθοδο Μέσου Όρου η πρόβλεψη για την ακόλουθη περίοδο προσδιορίζεται με τον υπολογισμό του μέσου όρου όλων των διαθέσιμων παρατηρήσεων μέχρι την τρέχουσα στιγμή, δίνοντας ίδιο βάρος σε όλες τισ παρατηρήσεις [25].Παράλληλα,η μέθοδος κινητού μέσου όρου εστιάζει σε ένα υποσύνολο των πιο πρόσφατων παρατηρήσεων.Αυτή η προσέγγιση,ενημερώνει συνεχώς το σύνολο δεδομένων που αξιοποιούνται για τον υπολογισμό των μελλοντικών τιμών, χρησιμοποιώντας κάθε φορά τα πιο πρόσφατα δεδομένα [25].

3.3.3 Μέθοδοι Εκθετικής Εξομάλυνσης

Οι μέθοδοι εκθετικής εξομάλυνσης βασίζονται στην παραδοχή ότι οι πιο πρόσφατες παρατηρήσεις έχουν μεγαλύτερη πληροφοριακή αξία για την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών μιας χρονοσειράς.Θεμελιώνονται σε ένα μοντέλο στάθμισης όπου η σημασία των τιμών της χρονοσειράς μειώνεται εκθετικά καθώς κινούμαστε απο πιο πρόσφατες σε πιο παλιές χρονικά παρατηρήσεις.

Τα βασικότερα μοντέλα εκθετικής εξομάλυνσης είναι τα ακόλουθα:

Απλή Εκθετική Εξομάλυνση

Η Απλή Εκθετική Εξομάλυνση (Simple Exponential Smoothing, SES) βασίζεται σε δύο εξισώσεις που ορίζουν τη λειτουργία του μοντέλου:

$$e_t = Y_t - F_t$$

, όπου e_t είναι η απόκλιση της πραγματικής τιμής Y_t τη στιγμή t και της προβλεπόμενης τιμής F_t για την ίδια περίοδο.

$$F_t = F_{t-1} + \alpha \cdot e_t$$

, όπου F_t είναι η προβλεπόμενη τιμή για την χρονική στιγμή t προσαρμοσμένη με βάση την προηγούμενη πρόβλεψη F_{t-1} και τον όρο σφάλματος e_t πολλαπλασιασμένο με έναν συντελεστή εξομάλυνσης.

Το μοντέλο SES καταλήγει σε έναν απλοποιημένο τύπο όπου η πρόβλεψη F_t είναι ένα σταθμισμένο άθροισμα της τρέχουσας παρατήρησης S_t και της προηγούμενης πρόβλεψης F_{t-1}, και ορίζεται ως [26]:

$$F_t = \alpha S_t + (1 - \alpha) F_{t-1}$$

Το αρχικό βήμα για την εφαρμογή του μοντέλου SES περιλαμβάνει τον καθορισμό της αρχικής πρόβλεψης F_1,του επιπέδου S_0 και του συντελεστή α με βάση την ποσότητα του θορύβου στη χρονοσειρά και τη σταθερότητα του μέσου όρου της σειράς (χαμηλότερες τιμές του συντελεστή προτιμούνται για πιο θορυβώδη δεδομένα) [27].

Γραμμική Εκθετική Εξομάλυνση

Η μέθοδος της γραμμικής εκθετικής εξομάλυνσης, ευρέως γνωστή και ως μέθοδος Holt ενσωματώνει έναν παράγοντα τάσης για τον χειρισμό τόσο των αλλαγών επιπέδου όσο και των τάσεων μιας χρονοσειράς με την πάροδο του χρόνου. Και εδώ, η λειτουργία του μοντέλου βασίζεται σε δύο εξισώσεις:

$$S_t = S_{t-1} + T_{t-1} + \alpha \cdot e_t$$

, όπου το τρέχον επίπεδο S_t ενημερώνεται με βάση το τρέχον σφάλμα και την παρατηρούμενη τάση

$$T_t = T_{t-1} + \beta \cdot \alpha \cdot e_t$$

, όπου η τάση T_t, προσαρμόζεται με βάση το τρέχον σφάλμα και τη σταθερά εξομάλυνσης για την τάση

Η συνάρτηση πρόβλεψης δίνεται από τον τύπο [28]:

$$F_{t+m} = S_t + m \cdot T_t$$

Για να την αρχικοποίηση του μοντέλου του Holt, είναι απαραίτητος ο καθορισμός ενός αρχικού επιπέδου S_0 και μιας αρχικής τάσης T_0. Παράλληλα, ουσιώδης είναι και η επιλογή των σταθερών εξομάλυνσης, α για το επίπεδο και β για την τάση,στο διάστημα $[0, 1]$. Οι σταθερές αυτές εξισορροπούν τη βαρύτητα που δίνεται στα πρόσφατα παρατηρούμενα δεδομένα έναντι της ιστορικής τάσης πρόβλεψης [29, 30].

Μη Γραμμική Εκθετική Εξομάλυνση

Η μέθοδος μη γραμμικής εκθετικής εξομάλυνσης γνωστή και ως Damped Exponential Smoothing (Damped), αναπτύχθηκε ως απάντηση στις υπεραισιόδοξες προβλέψεις του μοντέλου γραμμικής εκθετικής εξομάλυνσης. Η εισαγωγή ενός παράγοντα απόσβεσης (φ) αποσκοπεί στο να μετριαστεί η θετική προκατάληψη της προηγούμενης μεθόδου.

Το μοντέλο βασίζτεια σε μια σειρά εξισώσεων που παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω:

1. Διόρθωση σφάλματος: $e_t = Y_t - F_t$, όπου το e_t είναι η απόκλιση μεταξύ της παρατηρούμενης και της προβλεπόμενης τιμής.

2. Προσαρμογή επιπέδου: $S_t = S_{t-1} + \phi \cdot T_{t-1} + \alpha \cdot e_t$, με βάση την οποία ενημερώνεται το επίπεδο

3. Ενημέρωση τάσης: $T_t = \phi \cdot T_{t-1} + \alpha \cdot \beta \cdot e_t$, η οποία προσαρμόζει την τάση με βάση την προηγούμενη τιμή της, τροποποιημένη από τον παράγοντα απόσβεσης και το τρέχον σφάλμα.

4. Μελλοντική πρόβλεψη: $F_{t+m} = S_t + (\sum_{i=1}^{m} \phi^i) \cdot T_t$, πρόβλεψη μελλοντικών τιμών προσαρμόζοντας το επίπεδο και τάση στον ορίζοντα πρόβλεψης [30, 31].

Ο συντελεστής απόσβεσης ϕ επηρεάζει σημαντικά τη λειτουργία του μοντέλου [32]. Όταν $\phi = 0$, το μοντέλο απλοποιείται, αγνοώντας την τάση, παρόμοια με την απλή εκθετική εξομάλυνση. Για τιμές μεταξύ 0 και 1, επιτυγχάνεται μειούμενη εκθετική εξομάλυνση, η οποία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για μεσοπρόθεσμες προβλέψεις, περιορίζοντας υπερβολικά αισιόδοξες εκτιμήσεις. Αντίθετα, όταν $\phi = 1$, το μοντέλο μετατρέπεται στη γραμμική τάση του Holt, διατηρώντας μια σταθερή μεταβολή στο χρόνο. Τέλος, τιμές μεγαλύτερες της μονάδας αποφεύγονται, καθώς τείνουν να δημιουργούν υπερβολικά αισιόδοξες προβλέψεις λόγω μη ρεαλιστικής εκθετικής τάσης [33].

Εποχιακή Εξομάλυνση

Τα μη εποχιακά μοντέλα που περιγράψαμε είναι κατάλληλα για χρονοσειρές που παρουσιάζουν μόνο πρότυπα τάσεων. Ωστόσο, όταν υπάρχει έντονη εποχικότητα, απαιτείται η ενσωμάτωση ενός εποχιακού παράγοντα για την επίτευξη ακριβέστερων προβλέψεων.Ο ρόλος του παράγοντα αυτού είναι η διόρθωση των προβλέψεων με βάση την αναμενόμενη εποχιακή διακύμανση. Η διάκριση μεταξύ προσθετικής και πολλαπλασιαστικής εποχικότητας είναι επομένως κρίσιμη. Στην προσθετική εποχικότητα, οι εποχιακές διακυμάνσεις παραμένουν σταθερές ανεξαρτήτως του επιπέδου της χρονοσειράς, ενώ στην πολλαπλασιαστική εποχικότητα είναι ανάλογες με το επίπεδο της χρονοσειράς [34, 35].

Μέθοδος Winters

Η μέθοδος Winters επεκτείνει το μοντέλο της εκθετικής εξομάλυνσης, λαμβάνοντας υπόψη την εποχικότητα και θεμελιώνεται στις ακόλουθες μαθηματικές σχέσεις [36]:

- Συντελεστής εποχικής προσαρμογής

$$I_t = I_{t-p} + \gamma \cdot \left(\frac{e_t}{S_{t-1}} \right)$$

  Ο εποχιακός δείκτης I_t ενημερώνεται με βάση το σφάλμα πρόβλεψης e_t, ώστε να προσαρμόζεται στις μεταβολές της εποχικότητας.

- Εξομαλυμένο επίπεδο

$$S_t = S_{t-1} + \alpha \cdot \left(\frac{e_t}{I_{t-p}} \right)$$

  Το επίπεδο S_t της χρονοσειράς ενημερώνεται, λαμβάνοντας υπόψη την εποχιακή επίδραση.

- Εξίσωση πρόβλεψης

$$F_{t+m} = S_t \cdot I_{t-p+m}$$

  Η πρόβλεψη για m περιόδους μπροστά υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας το εξομαλυμένο επίπεδο S_t με τον αντίστοιχο εποχιακό δείκτη.

Μέθοδος Holt-Winters

Η μέθοδος Holt-Winters επεκτείνει την παραπάνω μέθοδο, ενσωματώνοντας και τη γραμμική τάση. Οι βασικές εξισώσεις του μοντέλου παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω [37]:

- Εξομαλυμένο επίπεδο

$$S_t = S_{t-1} + T_{t-1} + \alpha \cdot \left(\frac{e_t}{I_{t-p}} \right)$$

  Το νέο επίπεδο S_t υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τόσο την προηγούμενη τάση T_{t-1} όσο και την εποχικότητα.

- Τάση

$$T_t = T_{t-1} + \beta \cdot \left(\frac{e_t}{I_{t-p}} \right)$$

  Η τάση T_t ενημερώνεται για να εκφράζει τη μακροπρόθεσμη μεταβολή της χρονοσειράς, δηλαδή αν οι τιμές της παρουσιάζουν γενικά αυξητική ή μειωτική πορεία με την πάροδο του χρόνου

- Εποχιακός δείκτης

$$I_t = I_{t-p} + \gamma \cdot \left(\frac{e_t}{S_{t-1} + T_{t-1}} \right)$$

  Ο εποχιακός δείκτης I_t προσαρμόζεται ώστε να αντικατοπτρίζει τις εποχιακές διακυμάνσεις σε σχέση με την τάση της σειράς.

- Εξίσωση πρόβλεψης

$$F_{t+m} = (S_t + m \cdot T_t) \cdot I_{t-p+m}$$

  Η πρόβλεψη λαμβάνει υπόψη το εξομαλυμένο επίπεδο, τη γραμμική τάση και την εποχικότητα, εξασφαλίζοντας πιο ακριβείς εκτιμήσεις.

Συνοπτικά,η μέθοδος Winters βασίζεται στην εκθετική εξομάλυνση και ενσωματώνει την εποχικότητα μέσω ενός εποχιακού δείκτη. Είναι κατάλληλη για δεδομένα όπου η εποχικότητα είναι παρούσα, αλλά η συνολική τάση της χρονοσειράς παραμένει σχετικά σταθερή. Δεν λαμβάνει υπόψη τη μακροπρόθεσμη μεταβολή της τάσης, γεγονός που την καθιστά λιγότερο αποτελεσματική σε περιπτώσεις όπου η χρονοσειρά παρουσιάζει αυξανόμενη ή μειούμενη πορεία. Αντίθετα, η μέθοδος Holt-Winters επεκτείνει τη μέθοδο Winters ενσωματώνοντας και μια συνιστώσα τάσης.Επομένως, πέρα από την εποχικότητα, μπορεί να προσαρμόζεται και σε δεδομένα που ακολουθούν μια μακροπρόθεσμη ανοδική ή καθοδική τάση. Χρησιμοποιεί έναν επιπλέον συντελεστή για την τάση, επιτρέποντας πιο ακριβείς προβλέψεις σε περιπτώσεις όπου η χρονοσειρά παρουσιάζει συνεχή μεταβολή.

3.3.4 Μοντέλα ARIMA

Τα μοντέλα ARIMA αποτελούν μία από τις πιο διαδεδομένες τεχνικές πρόβλεψης χρονοσειρών, ειδικά σε περιπτώσεις όπου οι εξωτερικοί παράγοντες είναι άγνωστοι ή δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν.Πεδία εφαρμογής της μεθόδου αυτής αποτελούν η περιβαλλοντική επιστήμη,η οικονομία και άλλα. Ένα μοντέλο ARIMA χαρακτηρίζεται από τρία βασικά στοιχεία: τους αυτοπαλινδρομικούς όρους (AR), την διαφόριση (I) για την επίτευξη σταθερότητας και

τον κινητό μέσο όρο (MA). Αυτή η τριάδα συμβολίζεται ως ARIMA(p, d, q), όπου το p εκφράζει την τάξη των όρων AR, το d υποδηλώνει τον απαιτούμενο βαθμό διαφόρισης για τη σταθεροποίηση της χρονοσειράς,και το q αναφέρεται στην τάξη των όρων MA [38, 39].

1. **Αυτοπαλινδρόμιση AR**: Το τμήμα AR εκφράζει την επίδραση των προηγούμενων τιμών της χρονοσειράς στην τρέχουσα πρόβλεψη, ως γραμμικό συνδυασμό προηγούμενων παρατηρήσεων. Το μοντέλο AR τάξης p (AR(p)) εκφράζεται ως:

$$y_t = c + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \cdots + \phi_p y_{t-p} + \epsilon_t$$

   όπου c είναι μια σταθερά, $\phi_1, \phi_2, \ldots, \phi_p$ είναι οι συντελεστές και ϵ_t είναι λευκός θόρυβος.

2. **Διαφόρηση I**: Για να επιτευχθεί σταθερότητα, η σειρά διαφορίζεται d φορές, κάτι που συμβολίζεται ως $I(d)$. Η διαφόρηση πραγματοποιείται με την αφαίρεση της τρέχουσας παρατήρησης από την προηγούμενη και αποσκοπεί στην εξάλειψη της τάσης και της εποχικότητας της χρονοσειράς:

$$y'_t = y_t - y_{t-1}$$

3. **Κινητός Μέσος (MA)**: Το τμήμα MA μοντελοποιεί τον όρο σφάλματος ως γραμμικό συνδυασμό όλων των όρων σφάλματος σε διάφορες χρονικές στιγμές στο παρελθόν. Το μοντέλο MA της τάξης q (MA(q)) δίνεται από:

$$y_t = \epsilon_t + \theta_1 \epsilon_{t-1} + \theta_2 \epsilon_{t-2} + \cdots + \theta_q \epsilon_{t-q}$$

   όπου $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_q$ είναι οι συντελεστές των όρων σφάλματος.

Η ενσωμάτωση αυτών των στοιχείων δίνει το μοντέλο ARIMA(p, d, q), το οποίο μπορεί να αναπαρασταθεί ως [40, 41]:

$$y'_t = c + \phi_1 y'_{t-1} + \cdots + \phi_p y'_{t-p} + \theta_1 \epsilon_{t-1} + \cdots + \theta_q \epsilon_{t-q} + \epsilon_t$$

3.3.5 Μέθοδος Θ

Η μέθοδος Theta, η οποία προτάθηκε από τους Ασημακόπουλο και Νικολόπουλο το 2002 βασίζεται στη μεταβολή των τοπικών καμπυλοτήτων της χρονοσειράς, μέσα από μια παράμετρο ϑ η οποία εφαρμόζεται πολλαπλασιαστικά στις διαφορές δεύτερης τάξης των δεδομένων. Έτσι,παράγονται νέες χρονοσειρές, οι λεγόμενες γραμμές Theta, των οποίων οι προβλεπόμενες τιμές συνδυάζονται για να προκύψει η συνολική τελική τιμή. Για την εφαρμογή της μεθόδου είναι απαραίτητη η αποεποχικοποίηση της χρονοσειράς.

Η αποσύνθεση της χρονοσειράς στις διαφορετικές γραμμές Theta πραγματοποιείται με χρήση των παρακάτω εξισώσεων [42]:

$$Y_{t,\theta} = \theta \cdot Y''_t$$

όπου

$$Y''_t = Y_t - 2 \cdot Y_{t-1} + Y_{t-2}$$

Η κλασσική μέθοδος Theta βασίζεται στην αποσύνθεση σε δύο γραμμές Theta, την ευθεία γραμμικής παλινδρόμησης ($\theta = 0$) και τη γραμμή Theta με παράμετρο $\theta = 2$. Η γραμμή Theta με παράμετρο $\theta = 0$, προεκτείνεται με τον συνήθη τρόπο, ενώ η δεύτερη γραμμή προεκτείνεται μέσω της απλής εκθετικής εξομάλυνσης που παρουσιάστηκε παραπάνω. Ακολούθως, οι δύο προβλέψεις συνδυάζονται με βάση την παρακάτω εξίσωση:

$$Y_t = \frac{1}{2}(Y_{t,\theta=0} + Y_{t,\theta=2})$$

Τέλος, οι τελικές προβλέψεις εποχικοποιούνται, χρησιμοποιώντας τους δείκτες εποχικότητας που υπολογίστηκαν στα πρώτα βήματα της μεθοδολογίας πολλαπλασιαστικά.

Η συμπεριφορά των γραμμών Theta εξαρτάται από την τιμή του θ που καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο το μοντέλο ισορροπεί μεταξύ μακροπρόθεσμων και βραχυπρόθεσμων τάσεων. Όταν $\theta = 0$, η σειρά ευθυγραμμίζεται με τη γραμμή γραμμικής παλινδρόμησης, εστιάζοντας στις μακροπρόθεσμες τάσεις, ενώ για $\theta = -1$, η καμπυλότητα αντιστρέφεται, δημιουργώντας μια συμμετρική δομή ως προς τη γραμμή παλινδρόμησης. Τιμές $\theta > 1$ ενισχύουν την καμπυλότητα, δίνοντας έμφαση στις βραχυπρόθεσμες διακυμάνσεις. Στην κλασική μέθοδο Theta, η προέκταση της γραμμής για $\theta = 0$ διατηρεί τη μακροπρόθεσμη τάση, ενώ η προσθήκη της γραμμής $\theta = 2$ λειτουργεί ως αντίβαρο, ενισχύοντας τη χρήση και της βραχυπρόθεσμης πληροφορίας. Η δύναμη της μεθόδου έγκειται στην ικανότητά της να υπερβαίνει το παραδοσιακό μοντέλο δύο γραμμών, ενσωματώνοντας πρόσθετες γραμμές Theta για διάφορες τιμές του θ, επιτρέποντας την προσαρμογή της σε ένα ευρύτερο φάσμα χρονοσειρών [43].

3.3.6 Απλή και Πολλαπλή Παλινδρόμηση

Η γραμμική και η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση αποτελούν θεμελιώδεις τεχνικές ανάλυσης δεδομένων που εισάγουν την χρήση ανεξάρτητων μεταβλητών για την πρόβλεψη.Μελετούν τη σχέση μεταξύ μιας εξαρτημένης μεταβλητής και μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών, επιτρέποντάς έτσι την αξιοποίηση για την πρόβλεψη και εξωτερικών παραγόντων. Η απλή γραμμική παλινδρόμηση συσχετίζει μια ανεξάρτητη μεταβλητή και την μεταβλητή στόχου μέσω μιας ευθείας γραμμής που εκφράζεται από την εξίσωση:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon$$

όπου β_0 είναι η σταθερά, β_1 ο συντελεστής που εκφράζει τη μεταβολή του y σε σχέση με το x, και ϵ ο όρος σφάλματος. Οι συντελεστές β_0 και β_1 εκτιμώνται μέσω της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων, η οποία ελαχιστοποιεί το συνολικό τετραγωνικό σφάλμα μεταξύ των παρατηρούμενων και των προβλεπόμενων τιμών:

$$\min \sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Ωστόσο, στις περισσότερες εφαρμογές, η εξαρτημένη μεταβλητή επηρεάζεται από πολυάριθμους διαφορετικούς παράγονταες. Σε αυτή την περίπτωση, χρησιμοποιείται η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση, ως επέκταση της παραπάνω, όπου εισάγονται περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_k x_k + \epsilon$$

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές $x_1, x_2, \ldots, x_k$ αντιπροσωπεύουν διαφορετικούς παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν τη μεταβλητή στόχο y. Οι συντελεστές $\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_k$ εκφράζουν τον αντίκτυπο κάθε παράγοντα και υπολογίζονται επίσης μέσω της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων.

Η χρήση πολλαπλών ανεξάρτητων μεταβλητών καθιστά τη μοντελοποίηση πιο ακριβή και επιτρέπει την ενσωμάτωση εξωτερικών επιδράσεων στις προβλέψεις. Για παράδειγμα, στην πρόβλεψη τιμών μετοχών, παράγοντες όπως τα επιτόκια ή ο πληθωρισμός μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την τελική εκτίμηση. Έτσι, η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση παρέχει ένα πιο ρεαλιστικό και ολοκληρωμένο μοντέλο για την ανάλυση πολύπλοκων συστημάτων.

3.4 Σφάλματα

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των μοντέλων πρόβλεψης είναι απαραίτητη για την επιλογή της βέλτιστης μεθόδου ανάλογα με τα χαρακτηριστικά κάθε χρονοσειράς δεδομένων. Για την εκτίμηση της ακρίβειας και της ποιότητας προσαρμογής ενός μοντέλου, χρησιμοποιούνται διάφοροι στατιστικοί δείκτες σφάλματος. Δεδομένου ότι το στατιστικό σφάλμα ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της πραγματικής τιμής και της αντίστοιχης προβλεπόμενης, $e_t = y_t - \hat{y}_t$, παρακάτω παρουσιάζονται οι βασικοί τύποι σφαλμάτων που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση προβλέψεων.

- Μέσο σφάλμα (Mean Error)

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n} e_t$$

- Μέσο απόλυτο σφάλμα (Mean Absolute Error)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n} |e_t|$$

- Μέσο τετραγωνικό σφάλμα (Mean Squared Error)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n} e_t^2$$

- Ρίζα μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Root Mean Squared Error)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n} e_t^2}$$

- Σχετικό ή επί τοις εκατό σφάλμα (Percentage Error)

$$PE_t = \frac{e_t}{y_t} \times 100$$

- Μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (Mean Absolute Percentage Error)

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^{n} \left| \frac{e_t}{y_t} \right|$$

- Συμμετρικό μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (Symmetric Mean Absolute Percentage Error)

$$SMAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^{n} \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{(y_t + \hat{y}_t)/2} \right|$$

- Μέσο απόλυτο κανονικοποιημένο σφάλμα (Mean Absolute Scaled Error)

$$MASE = \frac{\sum_{t=1}^{n} |e_t|}{\frac{1}{n-1} \sum_{t=2}^{n} |y_t - y_{t-1}|}$$

3.5 Πιθανοτικές Μέθοδοι Πρόβλεψης

Η παραδοσιακή έννοια της πρόβλεψης αφορά στις σημειακές προβλέψεις, όπου στόχος είναι η πρόβλεψη μίας αναμενόμενης μελλοντικής τιμής $\hat{\psi} = \mathrm{E}[\psi,\xi]$ με μεθόδους όπως αυτές που προαναφέρθηκαν. Ωστόσο, στον σύγχρονο κόσμο η έννοια της αβεβαιότητας είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με το πεδίο των προβλέψεων, γεγονός που καθιστά δύσκολη ή συχνά ανέφικτη την συστηματική παραγωγή αξιόπιστων και ακριβών σημειακών προβλέψεων [44].Ως εκ τούτου, αναδείχτηκε μια νέα κατηγορία προβλέψεων, οι πιθανοτικές προβλέψεις που λαμβάνουν υπόψη και την αβεβαιότητα. Για την ανάλυση αυτής της κατηγορίας θα εισάγουμε αρχικά τις έννοιες των διαστημάτων εμπιστοσύνης(prediction intervals και των ποσοστημορίων (quantiles).

3.5.1 Διαστήματα Εμπιστοσύνης

Το διάστημα εμπιστοσύνης αποτελεί ένα εύρος εκτίμησης μιας παραμέτρου που παρέχει πληροφορίες σχετικά με την αβεβαιότητα μιας πρόβλεψης. Χρησιμοποιείται συχνά σε δημοσκοπήσεις και αναλύσεις δεδομένων για να προσδιορίσει ένα πιθανό σύνολο τιμών εντός του οποίου αναμένεται να βρίσκεται η πραγματική τιμή. Στον τομέα των προβλέψεων, οι σημειακές εκτιμήσεις συνοδεύονται συχνά από διαστήματα εμπιστοσύνης, τα οποία εκφράζουν το βαθμό αβεβαιότητας της πρόβλεψης. Το επίπεδο εμπιστοσύνης καθορίζει την πιθανότητα η πραγματική τιμή να περιλαμβάνεται στο διάστημα εμπιστοσύνης με υψηλότερες τιμές να υποδηλώνουν μεγαλύτερο διάστημα, αντανακλώντας την αυξημένη αβεβαιότητα.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για τον υπολογισμό των διαστημάτων εμπιστοσύνης, με μία από τις απλούστερες και πιο διαδεδομένες να εκφράζεται από την εξής εξίσωση:

$$F_i = F_i + t \cdot RMSE \cdot \sqrt{i - n}$$

όπου:

- F_i είναι η πρόβλεψη συμπεριλαμβανομένου του διαστήματος εμπιστοσύνης στη χρονική στιγμή i,

- t είναι μια παράμετρος που εξαρτάται από το επιθυμητό επίπεδο εμπιστοσύνης,
- $RMSE$ είναι η ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος, και
- $i - n$ εκφράζει την απόσταση από την τελευταία παρατήρηση.

Η τιμή της παραμέτρου t καθορίζεται από το επίπεδο εμπιστοσύνης και παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.1.

Επίπεδο Εμπιστοσύνης	**Τιμή παραμέτρου** t
99%	2.58
98%	2.33
95%	1.96
90%	1.645
80%	1.28

Πίνακας 3.1: *Τυπικές τιμές της παραμέτρου t για διαφορετικά επίπεδα εμπιστοσύνης*

Αξίζει να σημειωθεί ότι το εύρος του διαστήματος αυξάνεται όσο απομακρυνόμαστε από την τελευταία διαθέσιμη παρατήρηση, αντικατοπτρίζοντας την αυξανόμενη αβεβαιότητα των προβλέψεων.

3.5.2 Ποσοστημόρια

Τα ποσοστημόρια (quantiles) αποτελούν μια γενίκευση της διαμέσου και παρέχουν μια πληρέστερη περιγραφή της θέσης των δεδομένων σε μια κατανομή. Το α-οστό ποσοστημόριο (p_α) ενός συνόλου παρατηρήσεων ορίζεται ως η τιμή για την οποία το $\alpha \cdot 100\%$ των παρατηρήσεων είναι μικρότερες ή ίσες από αυτήν, ενώ το υπόλοιπο $(1 - \alpha) \cdot 100\%$ είναι μεγαλύτερες ή ίσες [45].

Κατηγορίες ποσοστημορίων:

- Εκατοστημόρια (percentiles): Αν το $\alpha \cdot 100$ είναι ακέραιος ($\beta = 1, 2, \ldots, 99$), τότε τα αντίστοιχα ποσοστημόρια καλούνται εκατοστημόρια και συμβολίζονται ως $p_1, p_2, \ldots, p_{99}$. Το 50ό εκατοστημόριο αντιστοιχεί στη διάμεσο.
- Δεκατημόρια (deciles): Είναι τα ποσοστημόρια που αντιστοιχούν στα $\alpha = 0.1, 0.2, \ldots, 0.9$, δηλαδή τα $10o, 20o, \ldots, 90o$ εκατοστημόρια.
- Τεταρτημόρια (quartiles): Αντιστοιχούν στις τιμές $\alpha = 0.25, 0.50, 0.75$ και συμβολίζονται ως Q_1, Q_2, Q_3. Το Q_1 (25ο εκατοστημόριο) είναι το πρώτο τεταρτημόριο, το Q_3 (75ο εκατοστημόριο) είναι το τρίτο τεταρτημόριο, ενώ το Q_2 (50ο εκατοστημόριο) ταυτίζεται με τη διάμεσο δ [46].

Στη στατιστική και στην ανάλυση δεδομένων, ο όρος ¨κλάση' (ή ¨διάστημα κλάσης¨) αναφέρεται σε ένα εύρος τιμών μέσα στο οποίο ομαδοποιούνται τα δεδομένα. Όταν τα δεδομένα είναι πολλά και συνεχούς φύσης (π.χ. ύψη, εισοδήματα, θερμοκρασίες), τα ομαδοποιούμε σε διαστήματα τιμών αντί να τα εξετάζουμε ένα προς ένα.Σε ομαδοποιημένα δεδομένα, το ποσοστημόριο p_α μπορεί να υπολογιστεί με τον ακόλουθο τύπο:

$$p_\alpha = L_i + \frac{(\alpha \cdot n - N_{i-1}) \cdot c_i}{v_i}$$

όπου: L_i είναι το κάτω όριο της κλάσης στην οποία βρίσκεται το p_α, c_i είναι το εύρος της κλάσης, v_i είναι η συχνότητα της κλάσης (πλήθος δεδομένων που ανήκουν σε αυτή), και N_{i-1} είναι η αθροιστική συχνότητα της προηγούμενης κλάσης (πλήθος δεδομένων που βρίσκονται στις προηγούμενες κλάσεις)[45].

Γραφικά, τα ποσοστημόρια μπορούν να υπολογιστούν μέσω πολυγώνων ή ιστογραμμάτων σχετικών αθροιστικών συχνοτήτων.

3.5.3 Μορφές και μέθοδοι πιθανοτικών προβλέψεων

Όπως έχει προαναφερθεί οι πιθανοτικές προβλέψεις αντιπροσωπεύουν μια διαφορετική προσέγγιση σε σχέση με τις ντετερμινιστικές μεθόδους πρόβλεψης. Η ειδοποιός διαφορά έγγυται στο οτι δεν στοχεύουν στην εκτίμηση μίας μοναδικής μελλοντικής τιμής, αλλά περιγράφουν την αβεβαιότητα γύρω από μια προβλεπόμενη τιμή και την πιθανότητα εμφάνισης διαφορετικών εκβάσεων, διευκολύνοντας τη λήψη αποφάσεων με βάση διαφορετικά επίπεδα εμπιστοσύνης.Αντί να προσδιορίζουν ένα μοναδικό αποτέλεσμα βάσει ιστορικών δεδομένων, οι πιθανοτικές προβλέψεις αποδίδουν πιθανότητες σε όλες τις δυνατές μελλοντικές εξελίξεις, προσφέροντας μια πιο πλήρη εικόνα του προβλεπόμενου μεγέθους.Ωστόσο,παρά το γεγονός ότι οι πιθανοτικές προβλέψεις θεωρούνται ανώτερες από τις σημειακές,καθώς παρέχουν περισσότερη πληροφορία, η υιοθέτησή τους στη βιομηχανία και την οικονομική ανάλυση καθυστέρησε, κυρίως λόγω της έλλειψης των απαραίτητων υπολογιστικών πόρων και εξειδικευμένων λογισμικών εργαλείων που απαιτούνται. Ωστόσο, η χρήση των διαστημάτων εμπιστοσύνης και των κατανομών πιθανοτήτων ή αλλιώς των πιθανοτικών προβλέψεων, καθίσταται όλο και πιο διαδεδομένη τις τελευταίες δεκαετίες, καθώς οι αναλυτές έχουν συνειδητοποιήσει τους περιορισμούς των σημειακών προβλέψεων. Αντιθέτως, οι πιθανοτικές προβλέψεις προσφέρουν πολυάριθμα πλεονεκτήματα, όπως η εκτίμηση της αβεβαιότητας, η δυνατότητα ανάπτυξης στρατηγικών βασισμένων σε διαφορετικά πιθανά σενάρια,η συνεπακόλουθη αποτελεσματικότητα στη διαδικασία λήψης αποφάσεων και η βελτιωμένη σύγκριση εναλλακτικών μοντέλων πρόβλεψης [47],[48].

Στη συνέχεια, αφού ορίσουμε το πρόβλημα της παραγωγής πιθανοτικών προβλέψεων, παρουσιάζουμε μερικές διαφορετικές προσεγγίσεις που αν και ξεκίνησαν οι περισσότερες από τον τομέα της πρόβλεψης χρονοσειρών ενέργειας, απαντώνται σε μια πληθώρα εφαρμογών.

Ορισμός προβλήματος

Για να ορίσουμε το πρόβλημα των πιθανοτικών προβλέψεων, ας ξεκινήσουμε με μια σημειακή πρόβλεψη,την «καλύτερη εκτίμηση» ή την αναμενόμενη τιμή του μεγέθους που θέλουμε να προβλέψουμε [48]. Σημειώνουμε ότι η πραγματική τιμή τη χρονική στιγμή t, δηλαδή P_t, μπορεί να εκφραστεί ως:

$$P_t = \hat{P}_t + \varepsilon_t,$$

όπου $\hat{P}_t$ είναι η σημειακή πρόβλεψη της τιμής τη χρονική στιγμή t, βασισμένη σε προηγούμενα χρονικά δεδομένα, και ε_t είναι το αντίστοιχο σφάλμα πρόβλεψης. Για τις σημειακές προβλέψεις η ανάλυση σταματάει σε αυτό το σημείο, ενώ διαφορετικά οι σημειακές προβλέψεις επεκτείνονται για να προκύψουν οι πιθανοτικές.

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος επέκτασης από τις σημειακές στις πιθανοτικές προβλέψεις είναι η κατασκευή διαστημάτων πρόβλεψης (Prediction Intervals, PIs). Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι για αυτόν τον σκοπό, με τις πιο δημοφιλείς να λαμβάνουν υπόψη τόσο τη σημειακή πρόβλεψη όσο και το αντίστοιχο σφάλμα [49],[50]. Συγκεκριμένα, το κέντρο του διαστήματος πρόβλεψης σε επίπεδο εμπιστοσύνης $(1-\alpha)$ τίθεται ίσο με $\hat{P}_t$, ενώ τα όριά του καθορίζονται από τα ποσοστημόρια $\frac{\alpha}{2}$ και $(1-\frac{\alpha}{2})$ της συνάρτησης αθροιστικής κατανομής (CDF) του σφάλματος ε_t. Για παράδειγμα, στην ευρέως χρησιμοποιούμενη περίπτωση διαστήματος πρόβλεψης 90%, απαιτούνται τα ποσοστημόρια 5% και 95% του όρου σφάλματος. Στη συνέχεια, συμβολίζουμε ένα διάστημα πρόβλεψης για την τιμή P_t ως $[\hat{L}_t, \hat{U}_t]$, όπου $\hat{L}_t$ και $\hat{U}_t$ είναι, αντίστοιχα, τα κατώτερα και ανώτερα όρια του διαστήματος [51].

Η ανάλυση μπορεί να επεκταθεί για να συμπεριλαμβάνει πολλαπλά διαστήματα πρόβλεψης (PIs) με το τελικό αποτέλεσμα να είναι ένα σύνολο ποσοστημορίων σε διαφορετικά επίπεδα.Γενικά, μια πρόβλεψη πυκνότητας που αντιστοιχεί στην Εξίσωση (1) μπορεί να οριστεί ως ένα σύνολο διαστημάτων πρόβλεψης για κάθε $\alpha \in (0, 1)$. Με άλλα λόγια, ο υπολογισμός μιας πιθανοτικής πρόβλεψης απαιτεί τόσο την εκτίμηση της $\hat{P}_t$ όσο και της κατανομής του σφάλματος ε_t[51].

Ωστόσο, η διάσπαση της πιθανοτικής πρόβλεψης σε σημειακή πρόβλεψη και κατανομή του όρου σφάλματος δεν είναι η μοναδική διαθέσιμη προσέγγιση. Συγκεκριμένα, οι Gneiting και Katzfuss [52] ορίζουν την πιθανοτική πρόβλεψη ως *«μια πρόβλεψη υπό τη μορφή μιας πιθανότητας κατανομής μελλοντικών μεγεθών ή γεγονότων»* και τη συσχετίζουν με μια τυχαία μεταβλητή. Στην περίπτωσή πρόβλεψης τιμών ηλεκτρικής ενέργειας, αυτό σημαίνει την αναζήτηση της κατανομής της ίδιας της τιμής ηλεκτρικής ενέργειας $\hat{F}_{P_t}$[51]. Η τελευταία προσέγγιση εφαρμόζεται στη μέθοδο (QRA) που θα αναλύσουμε παρακάτω [53].

Τεχνικές

Για την κατασκευή πιθανοτικών προβλέψεων, έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές που βασίζονται στον υπολογισμό διαστημάτων πρόβλεψης και επιτρέπουν την εκτίμηση της κατανομής των μελλοντικών τιμών αντί για μία μοναδική σημειακή πρόβλεψη. Οι μέθοδοι αυτές διαφέρουν ως προς τις υποθέσεις που κάνουν για τα σφάλματα, την κατανομή των δεδομένων και τον τρόπο υπολογισμού των διαστημάτων πρόβλεψης αυτών.Παρακάτω παρουσιάζουμε κάποιες από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιβλιογραφία για την εκτίμηση της αβεβαιότητας στις προβλέψεις χρονοσειρών.

- Historical Simulation

  Η μέθοδος υπολογισμού των εμπειρικών (ή δειγματικών) διαστημάτων πρόβλεψης (PIs) είναι ιδιαίτερα απλή και στη βιβλιογραφία είναι γνωστή ως Historical Simulation [54]. Πρόκειται για μια προσέγγιση ανεξάρτητη από το μοντέλο, η οποία βασίζεται στον υπολογισμό των δειγματικών ποσοστημορίων της εμπειρικής κατανομής του σφάλματος ε_t

[55]. Στη μέθοδο αυτή, υπολογίζουμε τα σφάλματα και βρίσκουμε την εμπειρική κατανομή σφάλματος.Στη συνέχεια, υπολογίζουμε τα ποσοστιμόρια και κατασκευάζουμε το διάστημα πρόβλεψης, υπολογίζοντας τα όρια του διαστήματος.

- Density Forecasts

Για μοντέλα χρονοσειρών που υποθέτουν ότι τα σφάλματα ακολουθούν κανονική κατανομή (όπως τα AR, ARIMA), μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτή την κατανομή για να κατασκευάσουμε πιθανοτικές προβλέψεις. Συγκεκριμένα, τα διαστήματα πρόβλεψης (PIs)υπολογίζονται αναλυτικά ως ποσοστημόρια της κανονικής κατανομής, η οποία προσεγγίζει τη συμπεριφορά των σφαλμάτων [56]. Αυτή η μέθοδος διαφέρει από την μέθοδο Historical Simulation, όπου τα ποσοστημόρια υπολογίζονται εμπειρικά από τα ιστορικά σφάλματα. Εδώ, αντί να χρησιμοποιούμε τα παρατηρούμενα σφάλματα, υπολογίζουμε πρώτα την τυπική απόκλιση των σφαλμάτων και στη συνέχεια καθορίζουμε τα κατώτερα και ανώτερα όρια του διαστήματος πρόβλεψης με βάση συγκεκριμένα ποσοστημόρια της κανονικής κατανομής.Αν τα δεδομένα έχουν κατανομή που δεν είναι κανονική, η μέθοδος Historical Simulation ή άλλες πιθανοτικές μέθοδοι (όπως το Bootstrapping) που θα αναλύσουμε στη συνέχεια) κρίνονται προτιμότερες[51].

- Bootstrapped PIs

Η Bootstrap μέθοδος για διαστήματα πρόβλεψης είναι μια προσέγγιση που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της αβεβαιότητας στις προβλέψεις χρονοσειρών, ειδικά όταν τα σφάλματα δεν ακολουθούν κάποια συγκεκριμένη κατανομή.Η μέθοδος χρησιμοποιεί μια επαναδειγματοληπτική διαδικασία για να δημιουργήσει πολλαπλά πιθανά σενάρια πρόβλεψης.Η διαδικασία ξεκινά με την εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου και τον υπολογισμό των σφαλμάτων πρόβλεψης από τα ιστορικά δεδομένα. Στη συνέχεια, δημιουργούνται ψευδοδεδομένα με τη χρήση τυχαίων δειγμάτων από τα ιστορικά σφάλματα και το μοντέλο προβλέπει την εξέλιξη της χρονοσειράς πολλές φορές. Οι πολλαπλές αυτές προβλέψεις σχηματίζουν μια κατανομή πιθανών μελλοντικών τιμών.Για την κατασκευή των διαστημάτων πρόβλεψης (Prediction Intervals, PIs), επιλέγουμε τα ποσοστημόρια της προσομοιωμένης κατανομής των τιμών, προσδιορίζοντας έτσι τα κατώτερα και ανώτερα όρια της πρόβλεψης.Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι λαμβάνει υπόψη τόσο την αβεβαιότητα των παραμέτρων του μοντέλου όσο και τα ιστορικά σφάλματα. Αυτό την καθιστά κατάλληλη για προβλέψεις όπου η κατανομή των σφαλμάτων είναι άγνωστη ή μη κανονική, όπως σε χρηματοοικονομικά δεδομένα και αγορές ενέργειας. Ωστόσο, το βασικό μειονέκτημα είναι το αυξημένο υπολογιστικό κόστος, καθώς η διαδικασία απαιτεί μεγάλο αριθμό επαναλήψεων για αξιόπιστα αποτελέσματα [51].

- Bayesian Probabilistic Forecasting

Η μέθοδος Bayesian Probabilistic Forecasting προσφέρει ένα γενικό πλαίσιο για τη δημιουργία πιθανοτικών προβλέψεων, ενσωματώνοντας αβεβαιότητα τόσο στις εισόδους

του μοντέλου όσο και στις ίδιες τις παραμέτρους του [57]. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους, όπου η αβεβαιότητα συχνά αγνοείται ή προσεγγίζεται μέσω δειγματοληψίας (όπως στη Bootstrap μέθοδο), η Bayesian προσέγγιση βασίζεται στη συνεχή ανανέωση της κατανομής πιθανότητας μέσω του θεωρήματος του Bayes. Το βασικό της πλεονέκτημα είναι ότι διαχωρίζει την αβεβαιότητα σε δύο επίπεδα:

- Αβεβαιότητα εισόδου:σχετίζεται με την αβεβαιότητα στις εξωτερικές μεταβλητές.
- Αβεβαιότητα του μοντέλου: αφορά τα δομικά σφάλματα και την αβεβαιότητα των παραμέτρων.

Το Bayesian μοντέλο εκτιμά μια ολόκληρη κατανομή πιθανοτικών προβλέψεων, αντί για μεμονωμένα διαστήματα, και μπορεί να λειτουργήσει ως επέκταση ή γενίκευση των Density Forecasting και Bootstrapped PIs, επιτρέποντας πιο ρεαλιστική ενσωμάτωση των σφαλμάτων του μοντέλου. Ωστόσο, η προσέγγιση αυτή μπορεί να είναι πιο απαιτητική υπολογιστικά, καθώς απαιτεί συνεχή ενημέρωση της κατανομής πιθανότητας.

Σε πολλές εφαρμογές, η Bayesian πιθανοτική πρόβλεψη χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τεχνικές όπως η Monte Carlo(παραγωγή πιθανών μελλοντικών σεναρίων μέσω τυχαίας δειγματοληψίας από μια υποθετική ή εμπειρικά εκτιμημένη κατανομή) και η ensemble methods(συνδυασμός προβλέψεων από διαφορετικά μοντέλα), προκειμένου να δημιουργηθούν δυναμικές προβλέψεις υπό αβεβαιότητα.

- Quantile Regression Averaging

Η μέθοδος Quantile Regression Averaging (QRA) εφαρμόζει παλινδρόμηση σε ένα σύνολο σημειακών προβλέψεων από μεμονωμένα μοντέλα πρόβλεψης, χωρίς να απαιτεί τον διαχωρισμό της πιθανοτικής πρόβλεψης σε σημειακή πρόβλεψη και κατανομή του όρου σφάλματος [58]. Αντί να επιστρέφει μία μοναδική εκτίμηση της ζητούμενης τιμής ,η QRA υπολογίζει ποσοστημόρια ώστε να διαμορφώσει μια πλήρη κατανομή προβλεπόμενων τιμών. Η παλινδρόμηση ποσοστημορίων εκτιμά τα υπό συνθήκη ποσοστημόρια της εξαρτημένης μεταβλητής ως γραμμικό συνδυασμό των προβλέψεων από m μεμονωμένα μοντέλα, $X_t = (\hat{P}_t^{(1)}, \hat{P}_t^{(2)}, ..., \hat{P}_t^{(m)})$, και εκτιμά τις παραμέτρους β_q μέσω της ελαχιστοποίησης μιας ειδικής συνάρτησης απωλειών, η οποία δίνει προτεραιότητα στις αποκλίσεις κάτω ή πάνω από το επιθυμητό ποσοστημόριο [53],[59].Δηλαδή, το β_q καθορίζει τη σχέση μεταξύ των σημειακών προβλέψεων από τα μεμονωμένα μοντέλα και της τελικής προβλεπόμενης τιμής στο ποσοστημόριο q.Για να κατασκευαστεί μια πλήρης κατανομή πιθανοτικών προβλέψεων, η εν λόγω μέθοδος εκτελεί πολλαπλές παλινδρομήσεις, μία για κάθε ποσοστημόριο q που επιλέγεται Αυτό σημαίνει ότι αντί για μία εξίσωση παλινδρόμησης, έχουμε ξεχωριστές συναρτήσεις παλινδρόμησης για κάθε ποσοστημόριο, με διαφορετικούς συντελεστές β_q. Έτσι, οι προβλέψεις που παράγονται λαμβάνουν υπόψη όχι μόνο το κεντρικό σημείο της κατανομής (διάμεσος) αλλά και την ασυμμετρία και την αβεβαιότητα των μελλοντικών τιμών [51].Η επιλογή των μεμονωμένων μοντέλων μπορεί να γίνει αυθαίρετα (π.χ. χρήση των τριών καλύτερων μοντέλων) ή μέσω τεχνικών μείωσης της διάστασης για την αντιμετώπιση μεγάλου αριθμού ανταγωνιστικών

μοντέλων [50]. Η QRA προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία από τις κλασικές προσεγγίσεις πιθανοτικών προβλέψεων, καθώς δεν απαιτεί αυστηρές υποθέσεις περί κατανομής των σφαλμάτων και επιτρέπει τη δημιουργία αξιόπιστων διαστημάτων πρόβλεψης, αξιοποιώντας την πληροφορία από πολλαπλά μοντέλα. Παρόμοια είναι και η μέθοδος Quantile Random Forests που βασίζεται σε δέντρα απόφασης αντί για γραμμική παλινδρόμηση για την πρόβλεψη των ποσοστιμορίων.

Μια εναλλακτική προσέγγιση στη δημιουργία πιθανοτικών προβλέψεων είναι η πρόβλεψη κατωφλίου (Threshold Forecasting), η οποία επικεντρώνεται στην ταξινόμηση της μελλοντικής τιμής σε διακριτές κατηγορίες τιμών με βάση προκαθορισμένα κατώφλια. Σε αντίθεση με τις τεχνικές QRA και Density Forecasting, που εκτιμούν την κατανομή πιθανών μελλοντικών τιμών, η πρόβλεψη κατωφλίου επιδιώκει να αναθέσει κάθε μελλοντική τιμή σε μία από τις προκαθορισμένες ζώνες τιμών, μειώνοντας έτσι την πολυπλοκότητα της πρόβλεψης [51]. Για παράδειγμα, οι Zareipour et al. [60] ταξινομούν τις μελλοντικές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας σε τρεις διαφορετικές ζώνες με τη χρήση μοντέλων SVM. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να θεωρηθεί μια ειδική περίπτωση πιθανοτικής πρόβλεψης με διαστήματα, όπου αντί να κατασκευάζουμε ένα συνεχές διάστημα πρόβλεψης, οι τιμές τοποθετούνται σε διακριτές κατηγορίες.

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναλύσαμε πολυάριθμες μεθόδους πρόβλεψης η καθεμία με τα δικά της ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Ξεκινόντας από σημειακές μεθόδους πρόβλεψης, ορίσαμε το πρόβλημα της επέκτασης αυτών για την παραγωγή αξιόπιστων πιθανοτικών μοντέλων πρόβλεψης. Τα μοντέλα αυτά, εκτιμούν την αβεβαιότητα και βασίζονται κυρίως στην κατασκευή διαστημάτων πρόβλεψης. Η κατασκευή των διαστημάτων αυτών γίνεται με πολυάριθμους τρόπους, διαφόρων επιπέδων πολυπλοκότητας. Επομένως, κρίνεται απαραίτητη η αξιολόγηση τόσο των υπολογιστικών μας πόρων όσο και των χαρακτηριστικών της εκάστοτε χρονοσειράς προκειμένου να γίνει ορθή επιλογή ενός μοντέλου πρόβλεψης για την κάθε περίπτωση.

Κεφάλαιο 4

Ο διαγωνισμός προβλέψεων M6

4.1 Οι προηγούμενοι διαγωνισμοί προβλέψεων

Με την πάροδο των χρόνων οι διαγωνισμοί προβλέψεων έχουν διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στην πρόοδο τον τομέα, παρέχοντας μια σταθερή βάση για την αξιολόγηση και την ανάπτυξη της θεωρίας των προβλέψεων. Παράλληλα, μέσα από τους διαγωνισμούς αυτούς έχουν επεκταθεί σημαντικά οι πρακτικές εφαρμογές των προβλέψεων, καθώς επίσης και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την έγκυρη πρόβλεψη μεγεθών. Καθένας από τους 6 διαγωνισμός προβλέψεων M εισήγαγε νέα χαρακτηριστικά ή δεδομένα, ενώ παράλληλα προσπαθούσε είτε να αντιμετωπίσει πιθανούς περιορισμούς των προηγούμενων είτε να επικεντρωθεί σε συγκεκριμένα πεδία εφαρμογής.

Ο διαγωνισμός πρόβλεψης M1 [61] σηματοδότησε την πρώτη μεγάλης κλίμακας σύγκριση διαφορετικών μεθόδων πρόβλεψης σε 1.001 χρονοσειρές από διάφορους τομείς, όπως ο τομέας της μικροοικονομίας, της μακροοικονομίας και της βιομηχανίας. Αξιολογήθηκαν 15 μέθοδοι προβλέψεων και εξήχθη το συμπέρασμα ότι οι απλές τεχνικές, όπως η εκθετική εξομάλυνση, συχνά υπερείχαν έναντι των πιο σύνθετων στατιστικών μοντέλων. Το εύρημα αυτό ήταν πρωτοποριακό, καθώς αντέκρουε την επικρατούσα πεποίθηση ότι τα πιο εξελιγμένα μοντέλα ήταν εγγενώς ανώτερα.

Ο διαγωνισμός M2 [62] εισήγαγε την έννοια των προβλέψεων σε πραγματικό χρόνο. Οι διοργανωτές συνεργάστηκαν με τέσσερεις εταιρείες και χρησιμοποιήθηκαν πραγματικά μακροοικονομικά δεδομένα.Έτσι, οι συμμετέχοντες είχαν πρόσβαση για δύο χρόνια τόσο σε επικαιροποιημένες πληροφορίες όσο και σε ανατροφοδότηση για τισ επιδόσεις τους, γεγονός που συνέβαλε στη βελτίωση των προβλέψεών τους. Ωστόσο, παρά το περιβάλλον πραγματικού χρόνου και τα πλουσιότερα δεδομένα, ο M2 επιβεβαίωσε το συμπέρασμα του M1: οι απλούστερες μέθοδοι απέδωσαν το ίδιο καλά ή καλύτερα από τις πιο σύνθετες. Επιπλέον, ο συνδυασμός προβλέψεων που προέκυπταν με χρήση διαφορετικών μεθόδων προβλέψεων βελτίωσε σημαντικά την ακρίβεια.

Ο διαγωνισμός M3 [63] διεύρυνε περαιτέρω το πεδίο εφαρμογής των προβλέψεων με την ενσωμάτωση 3.003 χρονοσειρών,με δεδομένα που κάλυπταν διαφορετικές συχνότητες (ετήσια, τριμηνιαία, μηνιαία) και τομείς. Εισήγαγε νέες τεχνικές, όπως τα νευρωνικά δίκτυα ενώ έδωσε έμφαση στη δυνατότητα αναπαραγωγής και γενίκευσης των αποτελεσμάτων. Τα ευρήματα ανέδειξαν για άλλη μια φορά ότι οι απλές μέθοδοι παρέμεναν ιδιαίτερα ανταγωνιστικές, ενώ και οι υβριδικές μέθοδοι που συνδύαζαν νευρωνικά δίκτυα με απλές τεχνικές άρχισαν να δείχνουν

δυνατότητες βελτίωσης της ακρίβειας.

Ο διαγωνισμός M4 [64] επέκτεινε σημαντικά τη βάση δεδομένων των προηγούμενων διαγωνισμών, χρησιμοποιώντας ένα σύνολο δεδομένων 100.000 χρονοσειρών, συμπεριλαμβανομένων τόσο δεδομένων χαμηλής συχνότητας (ετήσια, μηνιαία) όσο και δεδομένων υψηλής συχνότητας (ημερήσια, ωριαία). Μια σημαντική καινοτομία ήταν η αξιολόγηση εκτός από τις σημειακές προβλέψεις και των διαστημάτων πρόβλεψης(όρια μέσα στα οποία θα βρίσκεται η προβλεπόμενη τιμή) ανταναχλώντας την αυξανόμενη σημασία της ποσοτικοποίησης της αβεβαιότητας.Χρησιμοποιήθηκαν γνωστά μοντέλα μηχανικής μάθησης ως σημεία αναφοράς και ενώ τα απλά μοντέλα εξακολουθούσαν να έχουν καλές επιδόσεις, ορισμένες προηγμένες μέθοδοι επέδειξαν ανώτερη ακρίβεια, ιδίως στον χειρισμό της αβεβαιότητας. Ο διαγωνισμός έδωσε όπως και ο προηγούμενος έμφαση στη δυνατότητα αναπαραγωγής και τη διαφάνεια των αποτελεσμάτων.

Τέλος, ο διαγωνισμός M5 [65] επικεντρώθηκε σε μια συγκεκριμένη πρακτική εφαρμογή λιανικής πώλησης,με στόχο την πρόβλεψη των πωλήσεων για 42.840 χρονοσειρές από την Walmart. Σε αντίθεση με τους προηγούμενους διαγωνισμούς, ο M5 παρείχε εξωγενείς μεταβλητές και έδωσε έμφαση στην εκτίμηση της αβεβαιότητας παράλληλα με την ακρίβεια των σημειακών προβλέψεων. Αξιολόγησε επίσης τον αντίκτυπο της πρόβλεψης στη λήψη αποφάσεων, όπως η βέλτιστη διαχείριση αποθεμάτων ανάλογα με το μέγεθος των πωλήσεων. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν τον αυξανόμενο ρόλο της μηχανικής μάθησης στη διαχείριση σύνθετων, συσχετιζόμενων δεδομένων, αποδεικνύοντας τη χρησιμότητά της σε πραγματικές επιχειρηματικές εφαρμογές. Συνολικά,ο M5 υπογράμμισε τη σημασία του συνδυασμού ακριβών προβλέψεων και επιχειρησιακών γνώσεων για τη βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων στον κλάδο των επιχειρήσεων.

Συνολικά, από τους πέντε προηγούμενους διαγωνισμούς προβλέψεων M, οι τέσσερεις από αυτούς (M1, M3, M4 και M5) επικεντρώθηκαν στη μέτρηση της απόδοσης και της ακρίβειας των υποβαλλόμενων προβλέψεων σε ένα μόνο παράθυρο αξιολόγησης, με τους M4 και M5 να εισάγουν επιπλέον των σημειακών προβλέψεων, ένα ή πολλά ζεύγη διαστημάτων πρόβλεψης (για 6 προκαθορισμένα επίπεδα εμπιστοσύνης) γύρω από αυτές τις σημειακές προβλέψεις. Οι διοργανωτές των αντίστοιχων διαγωνισμών χώρισαν τα διαθέσιμα δεδομένα για κάθε χρονοσειρά σε δύο σύνολα, εντός δείγματος(διαθέσιμα κατά τη διαδικασία εκπαίδευσης των μοντέλων πρόβλεψης) και εκτός δείγματος (άγνωστα κατά τη διαδικασία εκπαίδευσης των μοντέλων πρόβλεψης). Τα δεδομένα εντός δείγματος γνωστοποιήθηκαν στους συμμετέχοντες, χωρίς καμία άλλη πληροφορία για τη φύση ή την ταυτότητα της χρονοσειράς-στόχου και, συνεπώς, τις τιμές των παρατηρήσεων εκτός δείγματος. Ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να υποβάλουν προβλέψεις για την περίοδο εκτός δείγματος και στη συνέχεια οι προβλέψεις τους συγκρίθηκαν με τα άγνωστα για αυτούς δεδομένα. Η μόνη εξαίρεση στα παραπάνω ήταν ο διαγωνισμός M2 [62], όπου υιοθετήθηκε μια προσέγγιση τριών φάσεων. Αυτή η επαναληπτική διαδικασία επέτρεψε στους συμμετέχοντες να βελτιώσουν τις προβλέψεις τους μέσω της παροχής ανατροφοδότησης σχετικά με τις προηγούμενες επιδόσεις τους.

Παρακάτω παρατίθενται συνοπτικά τα βασικότερα συμπεράσματα που προέκυψαν από τους πρώτους πέντε διαγωνισμούς προβλέψεων M πρωτού περάσουμε στην ανάλυση του τελευταίου M διαγωνισμού, του M6:

- Απλές τεχνικές όπως η εκθετική εξομάλυνση είχαν συχνά παρόμοιες αν όχι καλύτερες αποδόσεις συγκριτικά με πιο πολύπλοκα μοντέλα, ιδιαίτερα για βραχυπρόθεσμες προβλέψεις
- Ο συνδυασμός νευρωνικών δικτύων και μηχανικής μάθησης με πιο απλές τεχνικές βελτίωνε περαιτέρω την ακρίβεια των προβλέψεων ιδιαίτερα ως προς την διαχείριση της αβεβαιότητας, που απέκτησε αυξανόμενη σημασία με την πάροδο των χρόνων
- Ο συνδυασμός μοντέλων μηχανικής μάθησης και επιχειρησιακών γνώσεων κρίθηκε απαραίτητος για την βελτιστοποίηση των προβλέψεων, ιδιαίτερα στον κλάδο των επιχειρήσεων όπου δίνεται έμφαση στην διαφάνεια και την αναπαραγωγισιμότητα των αποτελεσμάτων
- Η παροχη ανατροφοδότησης και η συνεπακόλουθη προσαρμογή των προβλέψεων συνέβαλε καθοριστικά στην επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων
- Ο μεγάλος όγκος δεδομένων και η διαφορετική τους φύση ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής ανέδειξε την ανάγκη επεξεργαστικής αποδοτικότητας,κλιμάκωσης και προσαρμοσιμότητας των μοντέλων στις εξειδικευμένες ανάγκες κάθε τομέα

4.2 Εισαγωγή στον διαγωνισμό M6

Ο διαγωνισμός προβλέψεων M6 [2] ήταν ο έκτος στη σειρά διαγωνισμός M και επικεντρώθηκε στις χρηματοοικονομικές προβλέψεις.Οι συμμετέχουσες ομάδες κλήθηκαν να υποβάλουν τις προβλέψεις τους σχετικά με τη σχετική απόδοση 50 αμερικανικών μετοχών και 50 διεθνών διαπραγματεύσιμων αμοιβαίων κεφαλαίων (ETF), καθώς και τις επενδυτικές τους θέσεις για τα εν λόγω περιουσιακά στοιχεία. Ο στόχος ήταν να επιτευχθεί η καλύτερη επίδοση σε κάθε μία από αυτές τις δύο προκλήσεις ξεχωριστά, αλλά και η συνολικά καλύτερη επίδοση λαμβάνοντας υπόψη και τα δύο κριτήρια.Οι νικητές του διαγωνισμού μοιράστηκαν βραβεία ύψους 300.000 ευρώ με βάση τις προβλέψεις και τις επενδυτικές τους επιδόσεις. Ένας βασικός στόχος του διαγωνισμού M6 ήταν να συμβάλει στη συζήτηση γύρω από την υπόθεση της αποτελεσματικής αγοράς (Efficient Market Hypothesis-EMH), εξετάζοντας τα αίτια και τους τρόπους με τους οποίους οι συμμετέχοντες στην αγορά λαμβάνουν επενδυτικές αποφάσεις. Στις επόμενες ενότητες γίνεται μια εκτενέστερη ανάλυση και επισκόπηση του διαγωνισμού

4.3 Δεδομένα

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τον διαγωνισμό προβλέψεων M6, θα πρέπει πρώτα να εξετάσουμε τα περιουσιακά στοιχεία που απαρτίζουν το επενδυτικό σύμπαν του διαγωνισμού. Τα περιουσιακά στοιχεία αυτά, τα οποία επιλέχθηκαν ώστε να είναι αντιπροσωπευτικά της αγοράς και να συμπεριλαμβάνουν διάφορους τομείς, όπως υπηρεσίες επικοινωνίας, τον τομέα της ενέργειας,τον χρηματοοικονομικό κλάδο, υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης κλπ., χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ως εξής:

- 50 μετοχές από τον δείκτη Standard and Poor's (S&P) 500

- διεθνή διαπραγματεύσιμα αμοιβαία κεφάλαια (ETF)

Η επιλογή των παραπάνω έγινε με βάση πολυάριθμα χαρακτηριστικά των περιουσιακών στοιχείων, μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου ομαδοποίησης K-means για κάθε τομέα, ώστε να διασφαλιστεί ότι ο συνολικός αριθμός των μετοχών που επιλέχθηκαν από κάθε τομέα αντανακλά το μέγεθός του[2]. Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά που αξιολογήθηκαν για κάθε μία από τις μετοχές ήταν:

- Μέση τιμή της μετοχής (κατά τις τελευταίες 250 ημέρες).
- Συντελεστής διακύμανσης της τιμής της μετοχής (κατά τις τελευταίες 250 ημέρες).
- Συντελεστής διακύμανσης της τιμής της μετοχής (από την αρχή του 2018).
- Μέσες ημερήσιες αποδόσεις (από τις αρχές του 2018).
- Τυπική απόκλιση των ημερήσιων αποδόσεων (από τις αρχές του 2018).
- Συνολικές αποδόσεις (τις τελευταίες 250 ημέρες).
- Συνολικές αποδόσεις (από τις αρχές του 2018).
- Μέσος όγκος (κατά τις τελευταίες 250 ημέρες).
- Συντελεστής διακύμανσης του όγκου (κατά τις τελευταίες 250 ημέρες).

Παρακάτω μπορείτε να βρείτε έναν πίνακα με τα μοναδικά αναγνωριστικά των 100 περιουσιακών στοιχείων που απαρτίζουν το επενδυτικό σύμπαν του M6:

Το επενδυτικό σύμπαν του M6							
ABBV	ACN	AEP	AIZ	ALLE	AMAT	AMP	AMZN
AVB	AVY	AXP	BDX	BF-B	BMY	BR	CARR
CDW	CE	CHTR	CNC	CNP	COP	CTAS	CZR
DG	DPZ	DRE[1]	DXC	EWA	EWC	EWG	EWH
EWJ	EWL	EWQ	EWT	EWU	EWY	EWZ	FB[2]
FTV	GOOG	GPC	GSG	HIG	HIGH.L	HST	HYG
IAU	ICLN	IEAA.L	IEF	IEFM.L	IEMG	IEUS	IEVL.L
IGF	INDA	IUML.L	IUVE.L	IVV	IWM	IXN	JPEA.L
JPM	KR	LQD	MCHI	MVEU.L	OGN	PG	PPL
PRU	PYPL	RE	REET	ROL	ROST	SEGAL.SW	SHY
SLV	SPMW.L	TLT	UNH	URI	V	VRSK	VXX
WRK	XLB	XLC	XLE	XLF	XLI	XLK	XLP
XLU	XLV	XLY	XOM				

Πίνακας 4.1: *Το επενδυτικό σύμπαν του M6 [2]*

4.4 Διαδικασία και Χρονοδιάγραμμα

Ο διαγωνισμός M6 ήταν μια πρόκληση ζωντανών προβλέψεων διάρκειας ενός έτους, η οποία ξεκίνησε τον Φεβρουάριο του 2022 και ολοκληρώθηκε στις αρχές του 2023. Ξεκίνησε με μια δοκιμαστική φάση διάρκειας ενός μήνα, ακολουθούμενη από 12 κυλιόμενες περιόδους αξιολόγησης. Κατά τη διάρκεια κάθε περιόδου, οι συμμετέχοντες υπέβαλαν προβλέψεις και επενδυτικές αποφάσεις, οι οποίες αξιολογήθηκαν με βάση τα πραγματικά δεδομένα που ήταν διαθέσιμα εκείνη τη στιγμή.

Κάθε υποβολή απαιτούσε από τους συμμετέχοντες να παρέχουν προβλέψεις για τις επόμενες τέσσερεις εβδομάδες (που συνήθως αντιστοιχούσαν σε 20 ημέρες διαπραγμάτευσης). Αυτή η κυλιόμενη προσέγγιση αξιολόγησης κάλυψε 12 διαφορετικές περιόδους τεσσάρων εβδομάδων, οι οποίες ομαδοποιήθηκαν περαιτέρω σε τέσσερα τρίμηνα, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα [2].

Τρίμηνο	**Μήνας 1**	**Μήνας 2**	**Μήνας 3**
1	6 Μαρτίου 2022	3 Απριλίου 2022	1 Μαΐου 2022
2	29 Μαΐου 2022	26 Ιουνίου 2022	24 Ιουλίου 2022
3	21 Αυγούστου 2022	18 Σεπτεμβρίου 2022	16 Οκτωβρίου 2022
4	13 Νοεμβρίου 2022	11 Δεκεμβρίου 2022	8 Ιανουαρίου 2023

Πίνακας 4.2: *Το χρονοδιάγραμμα του διαγωνισμού προβλέψεων M6 [2]*

4.5 Υποβολές

Όπως προαναφέρθηκε, στόχος των ομάδων που συμμετείχαν στον διαγωνισμό ήταν να υποβάλουν (i) προβλέψεις και (ii) επενδυτικές αποφάσεις για τα 100 περιουσιακά στοιχεία. Οι προβλέψεις αυτές θα καθόριζαν την επενδυτική στρατηγική των συμμετεχόντων για την επόμενη περίοδο των τεσσάρων εβδομάδων. Σε κάθε σημείο υποβολής,κάθε ομάδα καλούταν να υποβάλει ένα ενιαίο αρχείο που αποτελούταν από 100 γραμμές (μία γραμμή για κάθε περιουσιακό στοιχείο) και επτά τιμές ανά γραμμή [2]. Παρακάτω, προσδιορίζονται οι επτά τιμές που έπρεπε να συμπληρώσουν οι συμμετέχοντες για κάθε ένα από τα 100 περιουσιακά στοιχεία:

- Η πρώτη τιμή κάθε γραμμής θα πρέπει να υποδεικνύει το περιουσιακό στοιχείο στο οποίο αναφέρονται οι προβλέψεις και οι επενδυτικές αποφάσεις της αντίστοιχης γραμμής. Το ακρωνύμιο κάθε περιουσιακού στοιχείου χρησίμευε ως αναγνωριστικό.

- Η δεύτερη έως έκτη τιμή θα πρέπει να είναι τιμές που αθροίζουν στη μονάδα και αναφέρονται στις πιθανότητες με τις οποίες το περιουσιακό στοιχείο θα έχει αποδόσεις που θα βρίσκονται εντός του πρώτου, δεύτερου, τρίτου, τέταρτου ή πέμπτου Rank για όλα

[1]Στις 3 Οκτωβρίου του 2022, η τιμή του περιουσιακού στοιχείου με αναγνωριστικό DRE σταμάτησε να ενημερώνεται λόγω της εξαγοράς της εταιρείας από την PLD. Επομένως, οι συμμετέχοντες έπρεπε να υποθέσουν μηδενική απόδοση για το περιουσιακό στοιχείο DRE (οποιαδήποτε επένδυση σε αυτό δεν θα είχε καμία επίπτωση στις αποδόσεις του χαρτοφυλακίου και η κατάταξη του περιουσιακού στοιχείου όσον αφορά τις αποδόσεις θα έπρεπε να προβλεφθεί με την παραδοχή ότι δεν θα υπάρξει καμία αλλαγή στην τιμή).

[2]Στις 9 Ιουνίου του 2022,το αναγνωριστικό FB άλλαξε σε META.

τα περιουσιακά στοιχεία (μετοχές και ETF). Αποδεκτές ήταν οι υποβολές στις οποίες το άθροισμα των πέντε πιθανοτήτων ισούταν με 1 για κάθε περιουσιακό στοιχείο.

- Η έβδομη τιμή για κάθε περιουσιακό στοιχείο αντιπροσώπευε την επενδυτική βαρύτητα που αναλογούσε στο εν λόγω περιουσιακό στοιχείο, δηλαδή το ποσό που η ομάδα αποφάσιζε να επενδύσει στο συγκεκριμένο περιουσιακό στοιχείο. Οι θετικές τιμές(long positions) υποδήλωναν ότι οι συμμετέχοντες επιδίωκαν να επωφεληθούν από την άνοδο της τιμής του περιουσιακού στοιχείου ,ενώ οι αρνητικές τιμές(short positions) υποδήλωναν ότι οι συμμετέχοντες επιδίωκαν να βγάλουν κέρδος από την πτώση της τιμής του περιουσιακού στοιχείου. Η τιμή μηδέν δεν υποδήλωνε κάποια επενδυτική θέση. Εάν το άθροισμα των απόλυτων τιμών των αποφάσεων υπερέβαινε το 1 (ή το 100%), η υποβολή θεωρούνταν άκυρη και επιστρεφόταν στον συμμετέχοντα. Εάν το σύνολο ήταν μικρότερο από 1 (ή 100%), το υπόλοιπο αντιμετωπιζόταν ως κατανομή σε περιουσιακό στοιχείο χωρίς κίνδυνο και με μηδενική απόδοση. Ωστόσο, εάν το άθροισμα των απόλυτων τιμών των αποφάσεων έπεφτε κάτω από 0,25 (ή 25%), εμφανιζόταν στους συμμετέχοντες προειδοποίηση,η υποβολή χαρακτηριζόταν άκυρη και επιστρεφόταν στην ομάδα για τροποποίηση.Αυτός ο κανόνας εξασφάλιζε ότι οι συμμετέχοντες δεσμεύονταν να πραγματοποιήσουν μια ουσιαστική επένδυση και αναλάμβαναν ένα ελάχιστο επίπεδο ρίσκου.

Παρακάτω παρατίθεται ένα παράδειγμα της μορφής μιας υποβολής για τον διαγωνισμό προβλέψεων M6.

Αναγνωριστικό	**Rank 1**	**Rank 2**	**Rank 3**	**Rank 4**	**Rank 5**	**Επενδυτική απόφαση**
ABBV	0	0.1	0.2	0.5	0.2	0
CNC	0	0	1	0	0	0
GOOG	0.1	0.1	0.1	0.1	0.6	0.5
EWG	0.5	0.4	0.05	0.05	0.1	0
BMY	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0
OGN	0	0.1	0.4	0.5	0.4	0.3
DRE	0.7	0.3	0	0	0	-0.2
UNH	0	0	1	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Πίνακας 4.3: *ένα παράδειγμα της μορφής μιας υποβολής για τον διαγωνισμό προβλέψεων M6 [2]*

Αξίζει να σημειωθεί ότι, σε περιπτώσεις όπου οι συμμετέχοντες αποφάσιζαν να μην υποβάλουν προβλέψεις και επενδυτικές αποφάσεις σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο υποβολής, η προηγούμενη (τελευταία) υποβολή τους μεταφερόταν και θεωρούταν έγκυρη και για την επόμενη περίοδο.

4.6 Σχεδιαστικές καινοτομίες

Σε σύγκριση με τους προηγούμενους διαγωνισμούς προβλέψεων, ο διαγωνισμός M6 χαρακτηρίστηκε από τρεις σημαντικές σχεδιαστικές καινοτομίες, οι οποίες παρουσιάζονται ανα-

λυτικά παρακάτω:

- **Αξιολόγηση σε πραγματικό χρόνο για πολλαπλές περιόδους και χρήση πραγματικών δεδομένων** Ο διαγωνισμός προβλέψεων M6 ήταν ο πρώτος διαγωνισμός στον οποίο τα δεδομένα δεν δόθηκαν άμεσα στους συμμετέχοντες. Στην πραγματικότητα, στον M6 χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο μέσω μιας σειράς 12 σημείων υποβολής που κάλυπταν σχεδόν ένα ολόκληρο ημερολογιακό έτος. Επιπλέον, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στον διαγωνισμό ήταν πλήρως ταυτοποιήσιμα και διαθέσιμα δημοσίως, με τα μοναδικά αναγνωριστικά τους να παρέχονται στους συμμετέχοντες. Αν και η διοργανώτρια ομάδα προσέφερε μια αρχική διεπαφή στις συμμετέχουσες ομάδες για την αρχική συλλογή δεδομένων που σχετίζονται με τις τιμές κλεισίματος των επιλεγμένων περιουσιακών στοιχείων, οι συμμετέχοντες είχαν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν και εξωτερικές ή προσωπικές πηγές συλλογής δεδομένων. Αναλυτικότερα,ενθαρρύνονταν να χρησιμοποιήσουν, για τη βελτίωση της ακρίβειας των προβλέψεών τους, είτε ελεύθερα διαθέσιμες υπηρεσίες, όπως το Yahoo Finance, το Google Finance κ.λπ., είτε ακόμα συνδρομιτικές υπηρεσίες που περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικές ειδήσεις στα μέσα ενημέρωσης και θεμελιώδη λογιστικά και οικονομικά δεδομένα .Τους δόθηκε έτσι η δυνατότητα να συλλέξουν μόνοι τους, με βάση τις ανάγκες εκπαίδευσης του μοντέλου τους, ιστορικές τιμές αυτών των περιουσιακών στοιχείων και να αποφασίσουν για την ποσότητα του ιστορικού που επιθυμούσαν να συλλέξουν καθώς επίσης και για τη συχνότητά του [2].

- **Η φύση των προβλέψεων** Σε αντίθεση με τους προηγούμενους διαγωνισμούς προβλέψεων M, ο M6 δεν ήταν μόνο ένας διαγωνισμός πρόβλεψης χρονοσειρών, αλλά αντίθετα μια συνδυαστική πρόκληση. Οι συμμετέχουσες ομάδες δεν κλήθηκαν να υποβάλουν προβλέψεις για τις ακριβείς μελλοντικές τιμές κάθε περιουσιακού στοιχείου, όπως στους M1, M2, M3, M4, M5 ούτε τα σχετικά διαστήματα πρόβλεψης όπως στους M4 και M5. Αντίθετα, τους ζητήθηκε να εκτιμήσουν την πιθανότητα κάθε περιουσιακό στοιχείο να καταταγεί στο πρώτο, δεύτερο, τρίτο, τέταρτο ή πέμπτο Rank με βάση την απόδοση στο σύνολο των 100 περιουσιακών στοιχείων. Με άλλα λόγια, οι προβλέψεις στον διαγωνισμό M6 δεν ήταν τιμές που συσχετίζονταν με ένα μεμονωμένο περιουσιακό στοιχείο, αλλά ήταν σχετικές πιθανολογικές προβλέψεις που λάμβαναν υπόψη την προβλεπόμενη απόδοση ενός περιουσιακού στοιχείου σε σχέση με την απόδοση όλων των άλλων περιουσιακών στοιχείων [2].

- **Αξιολόγηση και έμφαση στη χρησιμότητα των προβλέψεων** Ο διαγωνισμός M6 είχε ως στόχο να αξιολογήσει τα οφέλη των ακριβών προβλέψεων και τη σημασία τους στη λήψη επενδυτικών αποφάσεων. Όπως και οι προηγούμενοι διαγωνισμοί M, ο M6 έδωσε μεγάλη έμφαση στην αξιολόγηση της χρησιμότητας των προβλέψεων - εστιάζοντας στο πώς η βελτιωμένη ακρίβεια των προβλέψεων μεταφράζεται σε καλύτερη λήψη αποφάσεων και ποσοτικοποιήσιμα οφέλη. Οι συμμετέχοντες έπρεπε όχι μόνο να υποβάλουν προβλέψεις για μια πληθώρα περιουσιακών στοιχείων αλλά και να υποβάλουν επενδυτικές θέσεις για αυτά. Αυτή η διττή αξιολόγηση είχε στόχο να αναλύσει τον τρόπο με τον οποίο οι συμμετέχοντες αξιοποίησαν τις προβλέψεις τους για να ενημερώσουν τις

επενδυτικές τους αποφάσεις και πώς αυτές οι αποφάσεις επηρέασαν τις αποδόσεις των χαρτοφυλακίων τους, λαμβάνοντας υπόψη και τον σχετικό κίνδυνο.Ο M6 αποτέλεσε εν κατακλείδι μια καινοτόμα διοργάνωση, καθώς ξεπέρασε την παραδοσιακή εστίαση στην ακρίβεια των προβλέψεων και εξέτασε την πρακτική εφαρμοσιμότητα και τη χρησιμότητα των προβλέψεων, ιδίως στο πλαίσιο των χρηματοοικονομικών αποφάσεων [2].

4.7 Αξιολόγηση της επίδοσης

Ο διαγωνισμός M6 εστίασε στην αξιολόγηση τόσο των προβλέψεων όσο και των επενδυτικών αποφάσεων των συμμετεχόντων.Εκτός από την επίδοση των ομάδων σε καθεμία από τις δύο αυτές προκλήσεις ξεχωριστά, αξιολογήθηκε επιπλέον και η συνολική επίδοσή τους [2].

4.7.1 Αξιολογώντας την επίδοση των προβλέψεων

Η απόδοση των προβλέψεων για ένα συγκεκριμένο σημείο υποβολής μετρήθηκε με τη βοήθεια του μεγέθους RPS,που εκφράζει την ακρίβεια των πιθανοτικών προβλέψεων,δηλαδή την ακρίβεια των προβλεπόμενων ανά Rank τιμών . Κατασκευάζουμε ένα διάνυσμα που δηλώνει τις πιθανότητες κάθε Rank για ένα συγκεκριμένο περιουσιακό στοιχείο, $f_{i,T}$ όπως υποβλήθηκε από μια συμμετέχουσα ομάδα.

Το RPS για το περιουσιακό στοιχείο i την περίοδο T υπολογίζεται ως

$$RPS_{i,T} = \frac{1}{5}\sum_{j=1}^{5}\left(\sum_{k=1}^{j} q_{i,T,k} - \sum_{k=1}^{j} f_{i,T,k}\right)^2,$$

με $q_{i,T}$ να είναι το διάνυσμα που περιγράφει την πραγματική κατάταξη της απόδοσης κάθε περιουσιακού στοιχείου, i, κάθε χρονική περίοδο.

Το RPS για έναν συγκεκριμένο ανταγωνιστή, μια συγκεκριμένη περίοδο T είναι ο απλός μέσος όρος των RPS τιμών για όλα τα περιουσιακά στοιχεία:

$$RPS_T = \frac{1}{100}\sum_{i=1}^{100} RPS_{i,T}.$$

Το συνολικό RPS για πολλαπλά σημεία υποβολής T_1 με T_2 είναι

$$RPS_{T_1:T_2} = \frac{1}{100(T_2 - T_1 + 1)}\sum_{T=T_1}^{T_2}\sum_{i=1}^{100} RPS_{i,T}.$$

Το RPS μηδέν σηματοδοτεί την τέλεια βαθμολογία και κατά τα άλλα έχει θετικές τιμές. Το RPS για την απλούστερη μέθοδο σύμφωνα με την οποία οι πιθανότητες κάθε Rank είναι ίσες με 0,2 για όλα τα περιουσιακά στοιχεία (δηλαδή, κάθε στοιχείο είναι εξίσου πιθανό να έχει απόδοση στο 1ο, 2ο, 3ο, 4ο ή 5ο Rank) είναι ίσο με 0,16. Από εδώ και στο εξής, αυτή η αφελής μέθοδος θα αναφέρεται ως το σημείο αναφοράς πρόβλεψης (benchmark) [2].

4.7.2 Αξιολογώντας την επίδοση των επενδυτικών αποφάσεων

Η απόδοση των επενδυτικών αποφάσεων μετρήθηκε μέσω μιας παραλλαγής του Information Ratio, IR, που ορίζεται ως ο λόγος της απόδοσης του χαρτοφυλακίου, ret, προς την τυπική απόκλιση της απόδοσης του χαρτοφυλακίου, sdp. Δηλαδή, οι αποδόσεις προσαρμοσμένες στον κίνδυνο ορίζονται ως

$$IR = \frac{ret}{sdp},$$

όπου το ret υποδηλώνει τις αποδόσεις του χαρτοφυλακίου και το sdp υποδηλώνει την τυπική απόκλιση αυτών των αποδόσεων, μετρούμενη σε ημερήσια συχνότητα.

Σημειώνουμε ότι όλες οι αναφερόμενες τιμές IR είναι ετήσιες. Επιπλέον, το IR που χρησιμοποιούμε είναι μια παραλλαγή του τυπικού IR, με την απόδοση αναφοράς (benchmark) να είναι ίση με 0. Παράλληλα, είναι και μια παραλλαγή του Sharpe Ratio, αλλά με το επιτόκιο χωρίς κίνδυνο ορισμένο στο 0. Όλοι οι υπολογισμοί απόδοσης ξεκινούν με την ημερήσια απόδοση της περιόδου κράτησης του χαρτοφυλακίου, που υπολογίζεται ως

$$RET_t = \sum_{i=1}^{N} w_i \left(\frac{S_{i,t}}{S_{i,t-1}} - 1 \right).$$

όπου το N υποδηλώνει τον αριθμό των περιουσιακών στοιχείων, το w_i είναι ένα από τα βάρη του χαρτοφυλακίου και το $S_{i,t}$ υποδηλώνει την τιμή του περιουσιακού στοιχείου i στο τέλος της ημέρας διαπραγμάτευσης t, με το $t-1$ να αναφέρεται στην προηγούμενη ημέρα διαπραγμάτευσης. Σε όλους τους υπολογισμούς απόδοσης, οι τιμές προσαρμόζονται για τις τιμές κλεισίματος. Στη συνέχεια, οι σύνθετες αποδόσεις χαρτοφυλακίου υπολογίζονται ως $ret_t = \ln(1 + RET_t)$.

Στις παραπάνω εκφράσεις, το RET_t μετράται για μία ημέρα, t και είναι το ποσοστό απόδοσης (κέρδος/ζημία) που σχετίζεται με κάθε στοιχείο ενεργητικού που επιλέχθηκε για επένδυση, κατά μέσο όρο με την αντίστοιχη στάθμιση της επενδυτικής απόφασης για κάθε περιουσιακό στοιχείο. Οι επιστροφές (returns) για περίοδο κράτησης μεγαλύτερη από μία ημέρα υπολογίζονται ως το άθροισμα των ημερήσιων επιστροφών(returns). Συγκεκριμένα, η απόδοση για την περίοδο κράτησης από t_1 έως t_2 υπολογίζεται ως

$$ret_{t_1:t_2} = \sum_{t=t_1}^{t_2} ret_t.$$

Η τυπική απόκλιση, $sdp_{t_1:t_2}$, υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τις ίδιες $t_2 - t_1 + 1$ τιμές του ret_t με αυτές χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό του $ret_{t_1:t_2}$. Συγκεκριμένα,

$$varp_{t_1:t_2} = \frac{1}{T-1} \sum_{t=t_1}^{t_2} \left(ret_t - T^{-1} ret_{t_1:t_2} \right)^2, \quad sdp_{t_1:t_2} = \sqrt{varp_{t_1:t_2}},$$

με $T = t_2 - t_1 + 1$.

Υψηλότερες τιμές IR υποδηλώνουν καλύτερη απόδοση της επένδυσης ανά μονάδα κινδύνου. Προκειμένου να συγκριθεί η απόδοση των ομάδων που συμμετέχουν στον διαγωνισμό, έγινε υπόθεση μιας αφελούς προσέγγισης(benchmark), όπου λαμβάνονται ίσες θέσεις long

για και τα 100 περιουσιακά στοιχεία (επενδυτικοί συντελεστές στάθμισης $0, 1$) [2].

4.7.3 Αξιολογώντας τη συνδυαστική επίδοση των προβλέψεων και των επενδυτικών αποφάσεων

Η συνδυαστική επίδοση μετρήθηκε μέσω του αριθμητικού μέσου όρου της βαθμολογίας των πιθανοτικών προβλέψεων, RPS, και της απόδοσης των επενδυτικών αποφάσεων, IR, δίνοντας ίδια βαρύτητα στις δύο εργασίες/προκλήσεις. Ως εκ τούτου, η συνολική κατάταξη για μια υποβολή, OR, υπολογίστηκε ως

$$OR = \frac{\text{rank}(RPS) + \text{rank}(IR)}{2}.$$

όπου το $rank(\cdot)$ επιστρέφει την κατάταξη ενός συμμετέχοντα σε σχέση με όλους τους άλλους συμμετέχοντες για αυτό το μέτρο (RPS ή IR). Για να υπολογίσουμε τη συνολική κατάταξη πρόβλεψης, και στα 12 σημεία υποβολής, λαμβάνουμε τον αριθμητικό μέσο όρο του RPS όπως υπολογίζεται κάθε μήνα[2].

4.8 Συμμετέχουσες ομάδες

Στον διαγωνισμό M6 πήραν μέρος 318 συμμετέχοντες σε 226 ομάδες. Περίπου το 80% των ομάδων αποτελούνταν από έναν μόνο συμμετέχοντα, το 10% από δύο μέλη, ενώ το υπόλοιπο 10% από περισσότερα από δύο μέλη. Περίπου το 60% των συμμετεχόντων ήταν ανεξάρτητοι ερευνητές, σύμβουλοι ή επιστήμονες δεδομένων, το 25% εργαζόταν στη βιομηχανία και το 15% ήταν ακαδημαϊκοί. Επιπλέον,13 από τους συμμετέχοντες ήταν φοιτητές. Από τις 226 ομάδες που συμμετείχαν στον M6, 163 ομάδες (περίπου το 72%) ξεκίνησαν από την αρχή του διαγωνισμού, ενώ οι υπόλοιπες 63 άρχισαν να συμμετέχουν κατά κύριο λόγο εντός των τριών πρώτων μηνών και στις αρχές του δεύτερου, τρίτου και τέταρτου τριμήνου.Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τον αριθμό των ενεργών ομάδων και των νέων υποβολών ανά περίοδο. Για κάθε περίοδο αναφέρεται επίσης και το ποσοστό προηγούμενων υποβολών που δεν ανανεώθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν αυτούσιες για την αξιολόγηση και στην επόμενη περίοδο[2].

Πίνακας 4.4: *Ενεργές ομάδες και νέες υποβολές ανά περίοδο. Για κάθε περίοδο αναφέρεται επίσης και το ποσοστό προηγούμενων υποβολών που χρησιμοποιήθηκαν αυτούσιες για την αξιολόγηση και στην επόμενη περίοδο [2]*

Περίοδος	Ενεργές Ομάδες	Νέες Υποβολές	Υποβολές που επαναχρησιμοποιήθηκαν στην επόμενη περίοδο (%)									
			$1^η$	$2^η$	$3^η$	$4^η$	$5^η$	$6^η$	$7^η$	$8^η$	$9^η$	$10^η$-$12^η$
$1^η$	163	163	100.0									
$2^η$	176	112	36.4	63.6								
$3^η$	185	104	28.1	15.7	56.2							
$4^η$	197	114	20.0	10.7	57.9	43.7						
$5^η$	197	86	20.3	10.2	8.1	17.8	43.7					
$6^η$	200	85	20.0	10.0	7.5	14.0	6.0	42.5				
$7^η$	208	88	19.2	9.6	7.2	12.5	3.8	5.3	42.3			
$8^η$	208	66	18.8	9.6	7.2	12.0	3.4	3.8	13.5	31.7		
$9^η$	214	72	18.2	9.3	7.0	11.7	2.8	3.7	4.2	33.6		
$10^η$	223	82	17.5	9.2	6.7	7.6	3.7	3.1	8.1	3.1	5.4	36.8
$11^η$	226	71	17.3	8.8	6.6	7.1	2.7	3.1	7.5	3.1	4.0	31.4
$12^η$	226	63	17.3	8.8	6.6	7.1	2.7	3.1	6.2	2.7	3.5	27.9

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι συμμετέχουσες ομάδες δεν ήταν υποχρεωμένες να ενημε-

ρώνουν τις υποβολές τους τακτικά σε κάθε σημείο υποβολής. Αντιθέτως,μπορούσαν να διατηρήσουν προηγούμενες προβλέψεις και επενδυτικές αποφάσεις για έναν ή περισσότερους γύρους αξιολόγησης χωρίς να υποβάλουν εκ νέου το ίδιο αρχείο και χωρίς να αποκλειστούν από τον διαγωνισμό.Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα, με την πάροδο του χρόνου, λιγότερες ομάδες ενημέρωναν τακτικά τις υποβολές τους.Πράγματι, μέχρι το τελευταίο σημείο υποβολής, μόνο το 27,9% των ομάδων υπέβαλε πλήρως ενημερωμένες προβλέψεις, ενώ το 17,6%, το 12,0% και το 42,5% βασίστηκαν σε υποβολές που είχαν γίνει έναν, τρεις και έξι μήνες νωρίτερα, αντίστοιχα.

Όσον αφορά στις επιδόσεις, από τις 163 ομάδες που συμπεριλήφθηκαν στον παγκόσμιο πίνακα κατάταξης, 38 (23,3%) κατάφεραν να υποβάλουν πιο ακριβείς προβλέψεις από τον δείκτη αναφοράς (benchmark), 47 (28,8%) να κατασκευάσουν καλύτερα χαρτοφυλάκια και 11 (6,7%) να επιτύχουν υψηλότερες βαθμολογίες τόσο στο IR όσο και στο RPS. Είναι επίσης ενδιαφέρον ότι μόνο 3 ομάδες ξεπέρασαν τις προβλέψεις του δείκτη αναφοράς(benchmark) και τους 12 μήνες του διαγωνισμού, ενώ καμία δεν ξεπέρασε τις επενδυτικές του αποφάσεις (μία μόνο ομάδα πέτυχε υψηλότερο IR από τον δείκτη αναφοράς σε 11 μήνες και 3 ομάδες σε 9 μήνες). Όσον αφορά στο RPS, παρατηρήθηκε ότι οι ομάδες είχαν είτε παρόμοια καλή είτε σημαντικά χειρότερη επίδοση από τον δείκτη αναφοράς καθ΄ όλη τη διάρκεια του διαγωνισμού. Αντίθετα, υπήρξε ένας αξιοσημείωτος αριθμός ομάδων που είχαν είτε σημαντικά καλύτερες είτε σημαντικά χειρότερες επιδόσεις από τον δείκτη αναφοράς, με την πλειοψηφία ωστόσο των ομάδων να αναφέρει χαμηλότερες βαθμολογίες IR στις περισσότερες περιόδους. Έτσι,καθίσταται φανερή η πολυπλοκότητα και η δυσκολία του να υπερνικούν οι επενδυντές σταθερά τον δείκτη αναφοράς, παρά τις απλοϊκές προσεγγίσεις πρόβλεψης και επένδυσης που αυτός χρησιμοποιεί[2].

4.9 Σημαντικά αποτελέσματα που επικυρώθηκαν στον διαγωνισμό προβλέψεων M6

- **Η υπόθεση της αποτελεσματικής αγοράς (EMH) ισχύει σε μεγάλο βαθμό για την πλειονότητα των ομάδων, αλλά δεν ισχύει για τις ομάδες με τις υψηλότερες επιδόσεις.**

  Η υπόθεση της αποτελεσματικής αγοράς (EMH), που εισήχθη αρχικά από τον Fama [66] και αργότερα διαδόθηκε από τον Malkiel [67], υποστηρίζει ότι οι τιμές των περιουσιακών στοιχείων ενσωματώνουν πλήρως όλες τις διαθέσιμες στην αγορά πληροφορίες. Κατά συνέπεια, η συνεχής υπερνίκηση της αγοράς μέσω στρατηγικών όπως η επιλογή μετοχών ή ο χρονισμός της αγοράς δεν είναι εφικτή. Εμπειρικές έρευνες, όπως αυτή που παρουσιάζεται από τον Armour [68], υποστηρίζουν αυτή την αντίληψη συγκρίνοντας την απόδοση των ενεργών αμοιβαίων κεφαλαίων με τα αντίστοιχα παθητικά. Τα ευρήματα αποκαλύπτουν ότι μακροπρόθεσμα, η σχετική επιτυχία των ενεργητικών κεφαλαίων μειώνεται σημαντικά έναντι των δεικτών αναφοράς της αγοράς.Ωστόσο, στον M6 κατά την ανάλυση της απόδοσης των ομάδων, ενώ ο μέσος όρος και η διάμεσος των αποτελεσμάτων ήταν χειρότερα από τον δείκτη αναφοράς,κάποιες επιλεγμένες ομάδες πέτυχαν μεγάλες θετικές τιμές IR, που αντιστοιχούν σε απόδοση περίπου 30%. Επιπλέον, παρα-

τηρήθηκε ότι το IR βελτιώνεται εκθετικά κατά τη μετάβαση από τις ομάδες με χαμηλές επιδόσεις στις ομάδες με τις καλύτερες επιδόσεις. Το γεγονός αυτό αμφισβητεί την καθολική εφαρμογή της EMH, ιδίως μεταξύ των ομάδων με τις κορυφαίες επιδόσεις[2].

- **Οι ομάδες που εφαρμόζουν σταθερές στρατηγικές καθ' όλη τη διάρκεια του διαγωνισμού δεν θα έχουν απαραίτητα καλύτερες επιδόσεις από εκείνες που αλλάζουν σημαντικά τις στρατηγικές τους από το ένα σημείο υποβολής στο άλλο.** Αφού μετρήθηκαν η έκθεση, η διαφοροποίηση, το εύρος των επενδυτικών βαρών και η επενδυτική κατεύθυνση για όλες τις υποβολές της κάθε ομάδας, υπολογίστηκε ο αριθμός των αλλαγών στρατηγικής και η αντίστοιχη επενδυτική απόδοση (IR) για όλη τη διάρκεια του διαγωνισμού. Παρόλο που 6 ομάδες δεν άλλαξαν ποτέ τη στρατηγική τους, 4 ομάδες άλλαξαν τη στρατηγική τους μόνο μία φορά και οι υπόλοιπες 6 έως και οκτώ φορές, όλες πέτυχαν συγκρίσιμες βαθμολογίες IR, δεδομένου ότι υπήρχε ασθενής αρνητική συσχέτιση μεταξύ της αλλαγής στρατηγικής και της επενδυτικής απόδοσης[2].

- **Οι ομάδες ήταν υπερβολικά σίγουρες για την ακρίβεια των προβλέψεών τους, κατά μέσο όρο.** Πράγματι, οι προβλέψεις ήταν λιγότερο διασκορπισμένες και είχαν μικρότερη διακύμανση από ό,τι παρατηρήθηκε στα δεδομένα.Όπως έχει προαναφερθεί, για κάθε περιουσιακό στοιχείο, οι ομάδες υπολόγιζαν πιθανότητες (που αθροίζονταν στο ένα) ότι η απόδοση κάθε περιουσιακού στοιχείου θα είναι εντός του πρώτου, δεύτερου, τρίτου, τέταρτου ή πέμπτου Rank . Αυτές οι πιθανολογικές προβλέψεις αξιολογήθηκαν με βάση το RPS. Η υπερβολική εμπιστοσύνη στις εκτιμώμενες πιθανότητες διερευνήθηκε μέσω μιας καμπύλης βαθμονόμησης η οποία απεικόνιζε τη σχετική συχνότητα των αποτελεσμάτων έναντι των εκτιμώμενων πιθανοτήτων αυτών των αποτελεσμάτων[2]. Οι ακραίες πιθανότητες (προς την κατεύθυνση του 0 και του 1) έδειχναν αδικαιολόγητη βεβαιότητα για τα αποτελέσματα, δηλαδή υπερβολική εμπιστοσύνη στις προβλεπόμενες τιμές.

- **Ο μέσος όρος των προβλέψεων όλων των ομάδων και για κάθε περιουσιακό στοιχείο οδήγησε γενικά σε αποτελέσματα που ξεπέρασαν εκείνα της πλειοψηφίας των ομάδων.**

  Πράγματι, ο μέσος όρος των προβλέψεων όλων των ομάδων γενικά υπερέβη την πλειοψηφία των προβλέψεων μεμονωμένων ομάδων, εκτός από τις περιπτώσεις που εξαιρέθηκαν οι ομάδες με τις χειρότερες επιδόσεις.Αναφορικά με την ακρίβεια των προβλέψεων, ο μέσος όρος του 5%, του 10% ή του 15% των ομάδων με βάση το RPS υπερτερούσε σταθερά ακόμη και της ομάδας με τις καλύτερες επιδόσεις. Παρομοίως, όταν οι ομάδες κατατάχθηκαν με βάση το OR, ο συνδυασμός των προβλέψεων από έως και το κορυφαίο 40% πέτυχε ακρίβεια συγκρίσιμη με αυτή της κορυφαίας ομάδας. Όσον αφορά τις επενδυτικές αποφάσεις, ο μέσος όρος του 5% ή του 10% των κορυφαίων ομάδων με βάση το IR οδήγησε σε σημαντικά καλύτερες επιδόσεις από ό,τι η ομάδα με τις καλύτερες επιδόσεις. Επιπλέον, αυτά τα συγκεντρωτικά επενδυτικά βάρη κέρδιζαν σταθερά τον δείκτη αναφοράς όταν αποκλειόταν το κατώτερο 20% των ομάδων. Η χρήση IR αντί για OR για την επιλογή ομάδων βελτίωσε περαιτέρω τα αποτελέσματα σε όλες τις

περιπτώσεις[2].

- **Οι υποβολές που βασίζονται σε καθαρή κρίση ή που βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στην κρίση είχαν χειρότερες επιδόσεις από εκείνες που βασίζονται σε μεθόδους βασισμένες σε δεδομένα, κατά μέσο όρο.** Οι υποβολές των ομάδων που συμμετείχαν κατατάχθηκαν στις τέσσερεις ακόλουθες κατηγορίες: προσεγγίσεις που βασίζονται σε δεδομένα (χρονοσειρές, μηχανική μάθηση), προσεγγίσεις που συνδυάζουν κρίση και δεδομένα (προσεγγίσεις που βασίζονται σε δεδομένα και ενημερώνονται με βάση την κρίση), καθαρή κρίση και μη καθορισμένες (όπου οι περιγραφές των συμμετεχόντων δεν επέτρεπαν στους διοργανωτές να τις κατατάξουν σε μία από τις τρεις παραπάνω ομάδες). Αποδείχτηκε ότι οι προσεγγίσεις που βασίζονταν σε μεγάλο βαθμό στην κρίση (καθαρή κρίση) ήταν γενικά κατώτερες από εκείνες που βασίζονταν σε προσεγγίσεις με γνώμονα τα δεδομένα. Ωστόσο,η συνδυαστική προσέγγιση είχε ισάξιες (αν όχι καλύτερες) επιδόσεις σε σύγκριση με άλλες που βασίζονταν αποκλειστικά σε δεδομένα[2]. Έτσι,εξήχθη το συμπέρασμα ότι η κρίση που χρησιμοποιείται σωστά (και σε συνδυασμό με την αξιοποίηση δεδομένων) μπορεί να προσφέρει καλές επιδόσεις.

4.10 Το παράδοξο της σχέσης των προβλέψεων και των επενδύσεων

Ο διαγωνισμός M6 αποκάλυψε ένα παράδοξο στη σχέση μεταξύ της ακρίβειας των προβλέψεων και της απόδοσης των επενδύσεων των συμμετεχόντων. Συγκεκριμένα, υπήρξε μια ασθενής και ασυνεπής σχέση μεταξύ της ικανότητας των ομάδων να κατατάσσουν με ακρίβεια τα περιουσιακά στοιχεία σε Ranks(όπως μετράται από το RPS) και των προσαρμοσμένων στον κίνδυνο αποδόσεων των επενδύσεών τους (IR). Ενώ οι ομάδες με τις υψηλότερες βαθμολογίες OR έτειναν να έχουν καλές επιδόσεις τόσο στις πιθανολογικές προβλέψεις όσο και στις επενδύσεις, κάτι τέτοιο δεν παρατηρήθηκε όταν η ανάλυση των αποτελεσμάτων εστιάστηκε στις ομάδες με τις καλύτερες επιδόσεις σε κάθε κατηγορία ξεχωριστά.Για παράδειγμα, το κορυφαίο 5% των ομάδων με βάση το RPS,αν και πέτυχε κορυφαίες επιδόσεις στο κομμάτι των προβλέψεων, κατασκεύασε γενικά αναποτελεσματικά χαρτοφυλάκια, όπως αποδεικνύεται από τους αρνητικούς ή σχεδόν μηδενικούς συντελεστές συσχέτισης μεταξύ του IR και του RPS. Αντίθετα, οι ομάδες που είχαν καλύτερες επιδόσεις όσον αφορά στο IR συχνά υπέβαλαν προβλέψεις με διαφορετικά επίπεδα ακρίβειας, συμπεριλαμβανομένων χαμηλών βαθμολογιών RPS. Αυτή η έλλειψη σύνδεσης υποστηρίχθηκε περαιτέρω από μια ασθενή συσχέτιση (r = 0,06) μεταξύ των βαρών επένδυσης και του RPS, υποδεικνύοντας ότι οι ομάδες δεν έδωσαν προτεραιότητα στα περιουσιακά στοιχεία που μπορούσαν να προβλέψουν με μεγαλύτερη ακρίβεια κατά την κατανομή κεφαλαίων [2].

Επιπλέον, η ανάλυση έδειξε ότι οι περισσότερες ομάδες, κατά μέσο όρο, δημιούργησαν χαρτοφυλάκια που ήταν πιο συγκεντρωμένα και πιο ριψοκίνδυνα από ό,τι θεωρητικά δικαιολογούνταν, δεδομένης της ακρίβειας των προβλέψεών τους.Αυτό φάνηκε από τις μικρές αρνητικές συσχετίσεις (r = -0,05) μεταξύ του RPS και δύο μεταβλητών προσέγγισης της συγκέντρωσης: τον αριθμό των περιουσιακών στοιχείων και το μέσο απόλυτο βάρος της επένδυσης ανά περιου-

σιακό στοιχείο[2]. Τα ευρήματα αυτά υποδηλώνουν ότι το ρίσκο που έπαιρναν οι ομάδες δεν ανταποκρινόταν στις ικανότητες πρόβλεψής τους. Η έλλειψη σύνδεσης υποστηρίχθηκε επίσης από την ανάλυση της συσχέτισης μεταξύ των προβλεπόμενων Ranks και των επενδυτικών βαρών, η οποία επιβεβαίωσε ότι οι περισσότερες ομάδες δεν κατόρθωσαν να χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά τις προβλέψεις τους στις επενδυτικές τους αποφάσεις.

Συμπερασματικά, ο διαγωνισμός M6 ανέδειξε το ακόλουθο παράδοξο: η υψηλή ακρίβεια πρόβλεψης δεν συνεπάγεται απαραίτητα υψηλές επενδυτικές αποδόσεις και το αντίστροφο.Από τα παραπάνω καθίσταται σαφής η σημασία της αποτελεσματικής αξιοποίησης των πιθανοτικών προβλέψεων για τη βελτιστοποίηση ενός χαρτοφυλακίου, προκλήσεις που όπως παρατηρήθηκε απαιτούν συχνά διαφορετικές ικανότητες και γνώσεις.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι να αντιμετωπίσει αυτό το παράδοξο διερευνώντας στρατηγικές που χρησιμοποιούν πιθανοτικές προβλέψεις για τη βελτίωση των επενδυτικών αποφάσεων και τη βελτιστοποίηση του χαρτοφυλακίου. Με την ενσωμάτωση πιθανοτικών προβλέψεων ομάδων με τις καλύτερες επιδόσεις με επενδυτικές στρατηγικές, ο στόχος είναι να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ της ακρίβειας των προβλέψεων και της αποδοτικότητας του χαρτοφυλακίου, μετριάζοντας τον κίνδυνο και παράλληλα ενισχύοντας τις αποδόσεις. Ο στόχος είναι να αναπτυχθούν επενδυτικές στρατηγικές που ευθυγραμμίζουν την ικανότητα πρόβλεψης με την κατανομή των επενδύσεων, βελτιώνοντας τη συνέπεια και την αξιοπιστία των επενδυτικών αποτελεσμάτων. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά οι στρατηγικές που αναπτύχθηκαν για τον σκοπό αυτόν.

Κεφάλαιο 5

Στρατηγικές και Πειραματική Διαδικασία

Στόχος του παρόντος κεφαλαίου είναι να περιγράψει τις στρατηγικές που σχεδιάστηκαν με σκοπό την μεγιστοποίηση του δείκτη (IR) μέσω της βελτιστοποίησης της κατανομής επενδύσεων σε ένα χαρτοφυλάκιο. Οι στρατηγικές αυτές αναπτύχθηκαν χρησιμοποιώντας τις πιθανοτικές προβλέψεις για κάθε περιουσιακό στοιχείο από τις ομάδες που συμμετείχαν στον διαγωνισμό M6 και πέτυχαν τις καλύτερες επιδόσεις ως προς τις προβλέψεις. Συγκεκριμένα, οι προβλέψεις που χρησιμοποιήθηκαν προέκυψαν ως μέσος όρος των προβλέψεων που υποβλήθηκαν από τις 6 ομάδες με τις καλύτερες προβλέψεις (μεγαλύτερη βαθμολογία RPS). Οι συγκεκριμένες προβλέψεις παρείχαν μια πιθανότητα για κάθε περιουσιακό στοιχείο να εμπίπτει σε ένα από τα πέντε Ranks που, όπως έχει αναλυθεί προηγουμένως, χρησιμοποιούνται στον συγκεκριμένο διαγωνισμό. Όπως συζητήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, το Rank 1 αντιστοιχεί στα περιουσιακά στοιχεία με τις χειρότερες επιδόσεις, ενώ το Rank 5 αντιπροσωπεύει τις καλύτερες επιδόσεις με βάση αυτές τις προβλέψεις. Χρησιμοποιώντας τις συγκεκριμένες πιθανοτικές προβλέψεις, μέσω των διαφόρων προσεγγίσεων που παρουσιάζονται παρακάτω, προκύπτει ένα διάνυσμα Decision που φανερώνει τον τρόπο με τον οποίο θα διατεθούν οι επενδυτικοί πόροι. Συνεπώς, ως Decision_i ορίζεται η απόφαση για το περιουσιακό στοιχείο i, όπου $1 \leq i \leq 100$. Οι στρατηγικές κατηγοριοποιούνται σε τρεις διαφορετικές ομάδες: Στρατηγικές θέσεων αγοράς (long positions), στρατηγικές θέσεων πώλησης (short positions), και μικτές στρατηγικές, όπως αναλύεται παρακάτω.

5.1 Στρατηγικές θέσεων αγοράς (Long Position Strategies)

Οι στρατηγικές θέσεων αγοράς που θα παρουσιαστούν παρακάτω επιλέχθηκαν έτσι ώστε μέσω της αξιολόγησης τους να προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα για την κατασκευή χαρτοφυλακίου και την βελτιστοποίηση αυτού. Χρησιμοποιώντας πάντα τις πιθανοτικές προβλέψεις σαν είσοδο στους αλγόριθμούς μας, μία πρώτη προφανής επιλογή ήταν ο γραμμικός συνδυασμός των δοθέντων πιθανοτήτων (Rank1-5) για την κατασκεύη των διανυσμάτων επενδύσεων. Οι στρατηγικές που κατασκευάστηκαν αξιολογήθηκαν, για αρχή, ως προς το ρίσκο το οποίο ενέχουν, χρησιμοποιώντας το standard deviation των κερδών τους σαν δείκτη ρίσκου, όπως θα αναλυθεί εκτενώς και στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων. Έπειτα από αυτή την αρχική αξιολόγηση, προστέθηκαν επιπλέον στρατηγικές έτσι ώστε οι διαθέσιμες στρατηγικές να καλύπτουν ένα σεβαστό εύρος ρίσκου. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την αύξηση των

στρατηγικών έτσι ώστε τα δείγματα που έχουμε να καταλαμβάνουν ένα μεγαλύτερο εύρος δυνατού ρίσκου είναι κυρίως: η κατασκευή σταθμισμένων στρατηγικών που δίνουν μεγαλύτερη η μικρότερη σημασία στις ακραίες προβλέψεις (Rank1 ή Rank5), αλλά και ο περιορισμός των περιουσιακών στοιχείων που χρησιμοποιούνται (επιλογή των 3 ή 4 καλύτερων μετοχών, δεδομένων των προβλέψεων). Αρχικά κατασκευάστηκαν στρατηγικές που λαμβάνουν υπόψη τις πιθανότητες κάθε περιουσιακού στοιχείου σε λίγα Ranks (1 ή 2),ενώ στη συνέχεια δημιουργήθηκαν και πιο πολύπλοκες στρατηγικές που εισήγαγαν risk aversion και λάμβαναν υπόψη περισσότερα Ranks. Συνολικά κατασκευάστηκαν 20 στρατηγικές θέσεων αγοράς, οι οποίες, όπως θα φανεί και στο επόμενο κεφάλαιο, είναι κατασκευασμένες έτσι ώστε να καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα ρίσκου, κάτι που μας επιτρέπει να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα.

Κάθε μία από τις παρακάτω στρατηγικές υπολογίζει ένα διάνυσμα απόφασης το οποίο φανερώνει πως πρέπει να διανεμηθεί 1 ευρώ ανάμεσα στα περιουσιακά στοιχεία, δεδομένων των προβλέψεων που λαμβάνουν σαν είσοδο τα μοντέλα που περιγράφονται.

1. **Στρατηγική All-In (all_in)**

$$\text{Decision}_i = \begin{cases} 1 & \text{if } i = \text{argmax}_i(\text{Rank5}_i) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Η στρατηγική All-In τοποθετεί ολόκληρη την επένδυση σε μία μόνο μετοχή, αυτή με το υψηλότερο Rank5 (υψηλότερη προβλεπόμενη άνοδος). Πρόκειται για μια πολύ επιθετική στρατηγική, η οποία παρέχει το μέγιστο δυνατό κέρδος αλλά συνοδεύεται και από πολύ υψηλό κίνδυνο. Εάν δύο ή περισσότερα περιουσιακά στοιχεία έχουν την ίδια μέγιστη τιμή για το Rank5, τότε η επένδυση κατανέμεται ισόποσα.

2–5. **Στρατηγική Top-N Rank5 (top_n_rank5)**

$$\text{Decision}_i = \begin{cases} \frac{1}{N} & \text{if } i \in \text{Top N Rank5 stocks} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Αυτή η στρατηγική κατανέμει την επένδυση ομοιόμορφα στις κορυφαίες N μετοχές, αυτές με τις υψηλότερες τιμές Rank5, όπου το N μπορεί να είναι 2, 3, 4 ή 5 ανάλογα με τη στρατηγική που έχει επιλεγεί. Η στρατηγική επιλέγει τις μετοχές που έχουν τις υψηλότερες πιθανότητες για μεγάλη άνοδο (υψηλότερες τιμές Rank5), αγνοώντας τις υπόλοιπες. Συγκεντρώνει το επενδυόμενο ποσό σε μικρό αριθμό μετοχών του χαρτοφυλακίου, αυξάνοντας την πιθανότητα για σημαντικά κέρδη, αλλά εκθέτοντας επίσης το χαρτοφυλάκιο σε κίνδυνο εάν οι μετοχές αυτές υποαποδώσουν.

6. **Στρατηγική Linear Rank5s (linear_rank5)**

$$\text{Decision}_i = \frac{\text{Rank5}_i}{\sum_j \text{Rank5}_j}$$

Αυτή η στρατηγική κατανέμει την επένδυση αναλογικά με το Rank5 κάθε μετοχής, το οποίο αντιπροσωπεύει την πρόβλεψη για υψηλή άνοδο. Συνεπώς, η συγκεκριμένη

σταρτηγική ποντάρει στις μετοχές με τις υψηλότερες δυνατότητες κέρδους, καθιστώντας την συγκεκριμένη, προσέγγιση υψηλού κινδύνου και υψηλής δυνητικής απόδοσης, καθώς επικεντρώνεται μόνο στο Rank 5.

7. **Στρατηγική Διαφοράς 5-1 (difference_5_1)**

$$\text{Decision}_i = \frac{\max(0, \text{Rank5}_i - \text{Rank1}_i)}{\sum_j \max(0, \text{Rank5}_j - \text{Rank1}_j)}$$

Η στρατηγική αυτή επενδύει μόνο σε μετοχές στις οποίες υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των προβλεπόμενων πιθανοτήτων υψηλής ανάπτυξης (Rank5) και των προβλέψεων σημαντικής πτώσης (Rank1). Οι μετοχές με μικρές ή αρνητικές διαφορές δεν λαμβάνουν μέρος του συνολικού επενδυόμενου ποσού, συγκεντρώνοντας όλα τα χρήματα στις ισχυρότερες αποδόσεις. Σε αυτή τη στρατηγική εισάγεται η έννοια της αποστροφής του κινδύνου, καθώς η στρατηγική λαμβάνει επίσης υπόψη το Rank1.

8. **Στρατηγική Διαφοράς 5-1-2 (difference_5_1_2)**

$$\text{Decision}_i = \frac{\text{Rank5}_i - (\text{Rank1}_i + \text{Rank2}_i)}{\sum_j (\text{Rank5}_j - (\text{Rank1}_j + \text{Rank2}_j))}, \text{ if Decision}_i > 0, \text{ else } 0$$

Αυτή η στρατηγική επιδιώκει να μεγιστοποιήσει τα κέρδη εστιάζοντας σε μετοχές με υψηλή προβλεπόμενη δυνατότητα ανόδου, αλλά ¨τιμωρεί' μετοχές που έχουν επίσης υψηλό Rank1 ή Rank2 (κίνδυνος πτώσης). Αφαιρεί το άθροισμα των Rank1 και Rank2 από το Rank5 για κάθε μετοχή. Εάν το αποτέλεσμα είναι αρνητικό ή μηδενικό, η μετοχή αποκλείεται από την κατανομή επένδυόμενου ποσού. Η υπόλοιπη κατανομή γίνεται αναλογικά. Η αποστροφή κινδύνου εισάγεται με την αποφυγή των μετοχών με προβλεπόμενη πτώση.

9. **Στρατηγική Weighted Linear Rank5, Rank4 (weighted_rank5_rank4)**

$$\text{Decision}_i = \frac{\text{Rank5}_i \times 0.9 + \text{Rank4}_i \times 0.1}{\sum_j (\text{Rank5}_j \times 0.9 + \text{Rank4}_j) \times 0.1}$$

Αυτή η στρατηγική ευνοεί τις μετοχές που προβλέπεται να αυξηθούν περισσότερο. Χρησιμοποιεί τόσο το Rank5 (πολύ υψηλή προβλεπόμενη άνοδος) όσο και το Rank4 (πρόβλεψη ανόδου), δίνοντας έμφαση στο Rank5, για την κατανομή των επενδύσεων. Όσο υψηλότερες είναι οι πιθανότητες σε αυτα τα Ranks, τόσο υψηλότερο είναι το ποσό που επενδύεται στις αντίστοιχες μετοχές. Υπάρχει σημαντική διαφορά στη στάθμιση του Rank5 και του Rank4, γεγονός που υποδηλώνει την έμφαση στο Rank5 έναντι του Rank4.

10. **Στρατηγική Linear Rank5, Rank4 (rank5_rank4)**

$$\text{Decision}_i = \frac{\text{Rank5}_i + \text{Rank4}_i}{\sum_j (\text{Rank5}_j + \text{Rank4}_j)}$$

Αυτή η στρατηγική ευνοεί τις μετοχές που προβλέπεται να αυξηθούν περισσότερο. Χρησιμοποιεί τόσο το Rank5 (πολύ υψηλή πιθανότητα ανόδου) όσο και το Rank4 (υψηλή πιθανότητα ανόδου), για την κατανομή των επενδύσεων. Όσο υψηλότερες είναι οι τιμές για αυτές οι βαθμίδες, τόσο περισσότερο κεφάλαιο κατανέμεται. Σε αντίθεση με την προηγούμενη στρατηγική, αυτή δίνει την ίδια έμφαση στο Rank5 και στο Rank4.

11. **Στρατική Διαφοράς 5+4-1 (difference_5_4_1)**

$$\text{Decision}_i = \frac{\max(0, \text{Rank5}_i + \text{Rank4}_i - \text{Rank1}_i)}{\sum_j \max(0, \text{Rank5}_j + \text{Rank4}_j - \text{Rank1}_j)}$$

Η στρατηγική αυτή επενδύει μόνο σε μετοχές στις οποίες υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των προβλεπόμενων δυνατοτήτων ανόδου τους (Rank5, Rank4) και των προβλέψεων έντονης πτώσης (Rank1). Οι μετοχές με μικρές ή αρνητικές διαφορές δεν λαμβάνουν επενδύσεις, συγκεντρώνοντας έτσι όλα τα χρήματα στις μετοχές με τις ισχυρότερες επιδόσεις, με βάση το κριτήριο που προαναφέρθηκε. Αυτή η στρατηγική ουσιαστικά επικεντρώνεται σε περιουσιακά στοιχεία με υψηλές προβλέψεις ανόδου, αλλά εισάγει επίσης αποστροφή κινδύνου, τιμωρώντας περιουσιακά στοιχεία με υψηλές προβλέψεις πτώσης.

12. **Στρατηγική Διαφοράς 5+4-1-2 (difference_5_4_1_2)**

$$\text{Decision}_i = \frac{\text{Rank5}_i + \text{Rank4}_i - (\text{Rank1}_i + \text{Rank2}_i)}{\sum_j (\text{Rank5}_j + \text{Rank4}_j - (\text{Rank1}_j + \text{Rank2}_j))}, \text{ if Decision}_i > 0, \text{ else } 0$$

Αυτή η στρατηγική επιδιώκει ανάπτυξη εστιάζοντας σε μετοχές με υψηλό Rank5, Rank4 (δυνατότητα ανόδου), αλλά τιμωρεί μετοχές που έχουν επίσης υψηλό Rank1 ή Rank2 (κίνδυνος πτώσης). Αφαιρεί το άθροισμα των Rank1 και Rank2 από τα Rank5 και Rank4 για κάθε μετοχή. Εάν το αποτέλεσμα είναι αρνητικό ή μηδενικό, η μετοχή αποκλείεται από την κατανομή επένδυσης. Η επένδυση στις υπόλοιπες μετοχές κατανέμεται αναλογικά. Αυτή η στρατηγική επικεντρώνεται όπως και η προηγούμενη στα περιουσιακά στοιχεία με υψηλές προβλέψεις ανόδου, αλλά τιμωρεί τα περιουσιακά στοιχεία που έχουν υψηλές τιμές είτε για το Rank1 είτε για το Rank2.

13. **Στρατηγική Linear Rank5, Rank4, Rank 3 (rank5_rank4_rank3)**

$$\text{Decision}_i = \frac{\text{Rank5}_i + \text{Rank4}_i + \text{Rank3}_i}{\sum_j (\text{Rank5}_j + \text{Rank4}_j + \text{Rank3}_j)}$$

Αυτή η στρατηγική ευνοεί τις μετοχές που προβλέπεται να παρουσιάσουν άνοδο. Χρησιμοποιεί τις πιθανότητες των μετοχών για τα Rank5 (πολύ υψηλές πιθανότητες ανόδου), Rank4 (υψηλές πιθανότητες ανόδου) και Rank3 για την κατανομή των επενδύσεων. Όσο υψηλότερη είναι η αντίστοιχη πιθανότητα για το αντίστοιχο Rank, τόσο μεγαλύτερο ποσοστό του επεδυόμενου ποσού τοποθετείται στο συγκεκριμένο περιουσιακό στοιχείο. Σε αυτή τη στρατηγική δεν λαμβάνονται υπόψη οι προβλέψεις πτώσης (Rank1, Rank2).

14. **Στρατηγική Αποφυγής Rank1 (against_1)**

$$\text{Decision}_i = \frac{1 - \text{Rank1}_i}{\sum_j (1 - \text{Rank1}_j)}$$

Αυτή η στρατηγική δίνει αντίστροφη βαρύτητα στο Rank1. Έχει σχεδιαστεί για επενδυτές που αναζητούν μια πολύ ασφαλή κατανομή κεφαλαίου, καθώς ο μόνος παράγοντας που λαμβάνεται υπόψη είναι η αποφυγή περιουσιακών στοιχείων με υψηλές τιμές Rank1 (κίνδυνος πτώσης).

15. **Στρατηγική Σταθμισμένων Κορυφαίων 2 Rank5 (top_2_rank5_weighted)**

$$\text{Decision}_i = \begin{cases} 0.9, & \text{if } i \text{ is the top Rank5 stock} \\ 0.1, & \text{if } i \text{ is the second top Rank5 stock} \\ 0 & \text{οτηερωισε} \end{cases}$$

Αυτή η στρατηγική αποδίδει σταθερά επενδυτικά βάρη, 0.9 και 0.1 στις δύο κορυφαίες μετοχές με βάση τις τιμές Rank5 αντίστοιχα. Επικεντρώνει την πλειοψηφία των επενδύσεων στην υψηλότερη σε Rank5 μετοχή, μοιάζοντας με τη στρατηγική 'all_in' που παρουσιάστηκε παραπάνω.

16. **Στρατηγική Σταθμισμένων Κορυφαίων 3 Rank5 (top_3_rank5_weighted)**

$$\text{Decision}_i = \begin{cases} 0.8, & \text{if } i \text{ is the top Rank5 stock} \\ 0.1, & \text{if } i \text{ is the second or third top Rank5 stock} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Αυτή η στρατηγική αποδίδει σταθερά επενδυτικά βάρη, 0.8, 0.1,0.1 στις τρεις κορυφαίες μετοχές με βάση τις τιμές Rank5 αντίστοιχα. Επικεντρώνει το μεγαλύτερο μέρος της επένδυσης στις μετοχές με το υψηλότερο Rank5, αλλά επιμερίζει το επενδυόμενο ποσό περισσότερο από τη στρατηγική top_2_rank5_weighted, ενώ εξακολουθεί να επικεντρώνεται στις μετοχές με την υψηλότερη πιθανότητα σημαντικής ανόδου.

Σημείωση: Για τις ακόλουθες δύο στρατηγικές που χρησιμοποιούν αναλογική κατανομή επενδύσεων, πρέπει να ληφθεί υπόψη ο παρακάτω τύπος: Έστω R_{i_1} και R_{i_2} τα Rank5 των δύο μετοχών με την υψηλότερη πιθανότητα, με βάση τις προβλέψεις, για πολύ υψηλή αύξηση αντίστοιχα. Το διάνυσμα απόφασης (επένδυσης) μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$\text{Decision}_{i_1} = \frac{R_{i_1}}{R_{i_1} + R_{i_2}}$$

$$\text{Decision}_{i_2} = \frac{R_{i_2}}{R_{i_1} + R_{i_2}}$$

$$\text{Decision}_i = 0 \quad \text{for all other } i$$

Αυτό διασφαλίζει ότι οι κατανομές επένδυσης στις δύο αυτές μετοχές είναι ανάλογες με τις τιμές Rank5 τους, με τη συνολική κατανομή επένδυσης να αθροίζει φυσικά στο 1.

17. **Στρατηγική Αναλογικής Κατανομής Κορυφαίων 2 Rank5 (top_2_-rank5_proportional)**

$$\text{Decision}_i = \frac{\text{Rank5}_i}{\text{Rank5}_{\text{top1}} + \text{Rank5}_{\text{top2}}}$$

Σε αυτή τη στρατηγική, οι επενδύσεις κατανέμονται αναλογικά μεταξύ των δύο κορυφαίων περιουσιακών στοιχείων με βάση τις τιμές Rank5 τους. Σαφώς, αυτή η στρατηγική εξασφαλίζει αναλογική κατανομή,βασιζόμενη στις υψηλότερες βαθμολογίες Rank5. Εστιάζει στα περιουσιακά στοιχεία με τις υψηλότερες δυνατότητες κέρδους, καθιστώντας την προσέγγιση υψηλού ρίσκου αλλά και υψηλού πιθανού κέρδους αφού επικεντρώνει το χαρτοφυλάκιο σε δύο μόνο περιουσιακά στοιχεία.

18. **Στρατηγική Αναλογικής Κατανομής Κορυφαίων 3 Rank5 (top_3_-rank5_proportional)**

$$\text{Decision}_i = \frac{\text{Rank5}_i}{\sum_{j=1}^{3} \text{Rank5}_j}$$

Σε αυτή τη στρατηγική, οι επενδύσεις κατανέμονται αναλογικά μεταξύ των τριών κορυφαίων περιουσιακών στοιχείων με βάση τις τιμές Rank5 τους. Και αυτή η στρατηγική εξασφαλίζει αναλογική κατανομή, εστιάζοντας τις υψηλότερες βαθμολογίες Rank5.Ποντάρει στα περιουσιακά στοιχεία με τις μεγαλύτερες δυνατότητες κέρδους, καθιστώντας την προσέγγιση υψηλού κινδύνου και υψηλής ανταμοιβής, αφού συγκεντρώνει το χαρτοφυλάκιο σε τρία μόνο περιουσιακά στοιχεία.Αυτή η προσέγγιση διαφοροποιεί το χαρτοφυλάκιο περισσότερο από την προηγούμενη,διατηρώντας παράλληλα την αναλογική επένδυση.

19. **Στρατηγική Σταθμισμένων Κορυφαίων 2 Rank5, Rank4 (top_2_rank5_-4_weighted)**

$$\text{Decision}_i = \begin{cases} 0.9, & \text{if } i \text{ is the top Rank5 stock} \\ 0.1, & \text{if } i \text{ is the top Rank4 stock} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Αυτή η στρατηγική αποδίδει σταθερά βάρη,0.9 και 0.1 στην κορυφαία μετοχή με βάση το Rank5 και στην κορυφαία μετοχή με βάση το Rank4 αντίστοιχα. Συγκεντρώνει το χαρτοφυλάκιο σε δύο μόνο περιουσιακά στοιχεία, ενώ δίνει έμφαση στην κορυφαία μετοχή Rank5 (δίνοντας βάρος 0,9). Στην περίπτωση που ένα περιουσιακό στοιχείο έχει και τις δύο υψηλότερες προβλέψεις Rank5 και Rank4, το 1 ευρώ κατανέμεται σε αυτό το περιουσιακό στοιχείο και έχουμε τα ίδια αποτελέσματα με αυτά της στρατηγικής 'all_in'.

20. **Στρατηγική Σταθμισμένων Κορυφαίων 4 Rank5, Rank4 (top_4_rank5_-4_weighted)**

$$\text{Decision}_i = \begin{cases} 0.6, & \text{if } i \text{ is the top Rank5 stock} \\ 0.1, & \text{if } i \text{ is the second top Rank5 stock} \\ 0.2, & \text{if } i \text{ is the top Rank4 stock} \\ 0.1, & \text{if } i \text{ is the second top Rank4 stock} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Αυτή η στρατηγική αποδίδει σταθερά βάρη στις δύο πρώτες μετοχές με βάση το Rank5 και στις δύο πρώτες μετοχές με βάση το Rank4. Συγκεντρώνει το χαρτοφυλάκιο σε τέσσερα περιουσιακά στοιχεία το πολύ, δίνοντας έμφαση στις κορυφαίες μετοχές με βάση το Rank5 (συνολικό βάρος 0,7). Αυτή η στρατηγική διαφοροποιεί το χαρτοφυλάκιο, ενώ εξακολουθεί να ευνοεί τις μετοχές υψηλού Rank.

Για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων σημαντική είναι η κατηγοροιοποίηση των παραπάνω στρατηγικών σε ομάδες ομοίων. Η πιο εμφανής κατηγοροιοποίηση είναι αυτή με βάση το ρίσκο που ενέχει η κάθε στρατηγική. Το ρίσκο, στην υπό εξέταση περίπτωση, μετριέται με το standard deviation των κερδών των στρατηγικών κατά την διάρκεια του έτους του διαγωνισμού. Ο αλγόριθμός που χρησιμοποιήθηκε για την κατηγοριοποίηση είναι ο K-means.

Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος ανήκει στην κατηγορία αλγορίθμων μη-εποπτευόμενης μάθησης και χρησιμοποιείται γενικότερα για να χωρίσει n σημεία σε k ξεχωριστές ομάδες (clusters). Στη δικιά μας περίπτωση, κάθε σημείο είναι μία τιμή που αναπαριστά το standard deviation των κερδών κατά τη διάρκεια του χρόνου (ο παρονομαστής του IR). Επιλέξαμε την κατηγοριοποίηση σε 3 κλάσεις (Very risky, Risky, Safe), οπότε θέτουμε $k = 3$.

Ο στόχος του αλγορίθμου K-Means είναι να ελαχιστοποιήσει το εντός-ομάδας άθροισμα τετραγωνικών αποστάσεων μεταξύ κάθε σημείου και του κεντροιδούς της ομάδας. Πιο επίσημα, δεδομένων n σημείων $\{\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \ldots, \mathbf{x}_n\}$ και k ομάδων $C_1, C_2, \ldots, C_k$, ο αλγόριθμος επιλύει το εξής:

$$\min_{C_1, C_2, \ldots, C_k} \sum_{j=1}^{k} \sum_{\mathbf{x}_i \in C_j} \|\mathbf{x}_i - \boldsymbol{\mu}_j\|^2,$$

όπου $\boldsymbol{\mu}_j$ είναι το κεντροειδές της ομάδας C_j. Στην πείπτωση όπου τα σημεία εισόδου ανήκουν σε μονοδιάστατο χώρο, όπως τα standard deviations στη δικιά μας περίκπτωση, αυτή η απόσταση απλοποιείται όπως παρακάτω:

$$\|\mathbf{x}_i - \boldsymbol{\mu}_j\|^2 = (x_i - \mu_j)^2.$$

Όπως συνληθως, έτσι και στη δική μας περίπτωση, ο αλγόριθμος ακολουθεί τα εξής βήματα:

1. **Αρχικοποίηση:** Διαλέγει k αρχικά κεντροειδή, στην δικιά μας περίπτωση τυχαία.

2. **Κατηγοριοποίηση:** Κατηγοριοποιεί το κάθε σημείο $\mathbf{x}_i$ στην ομάδα C_j της οποίας το κεντροειδές $\boldsymbol{\mu}_j$ είναι πιο κοντά. Αυτό συνήθως γίνεται χρησιμοποιώντας Ευκλείδια απόσταση, όπως έγινε και στην δικιά μας περίπτωση.

3. **Ανανέωση:** Επανυπολογίζει τα κεντροειδή με βάση τα σημεία που πλέον ανοίκουν στην ομάδα:
$$\boldsymbol{\mu}_j = \frac{1}{|C_j|} \sum_{\mathbf{x}_i \in C_j} \mathbf{x}_i.$$

4. **Επανάληψη:** Επαναλαμβάνει τα παραπάνω βήματα μέχρι τα κεντροειδή να μην μεταβάλλονται άλλο ή να μεταβάλλονται λιγότερο από ένα συγκεκριμένο ποσό.

Τα αποτελέσματα του παραπάνω αλγορίθμου θα παρουσιαστούν εκτενώς στο επόμενο κεφάλαιο, μαζί με τα υπόλοιπα αποτελέσματα.

5.2 Στρατηγικές θέσεων πώλησης (Short Position Strategies)

Οι στρατηγικές θέσεων πώλησης που θα παρουσιαστούν σε αυτή την υποενότητα, είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να αντιστοιχεί η κάθε μία σε μία από τις στρατηγικές θέσεων αγοράς, που παρουσιάστηκαν προηγουμένως. Αυτή η αντιστοιχία μας επιτρέπει να κάνουμε συγκρίσεις και να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα, όπως θα φανεί και στο επόμενο κεφάλαιο, όπου θα αναλυθούν όλα τα πορίσματα της έρευνας που παρουσιάζεται.

Κάθε μία από τις επόμενες στρατηγικές υπολογίζει ένα διάνυσμα ¨απόφασης' το οποίο υποδεικνύει πώς πρέπει να κατανεμηθεί -1 ευρώ μεταξύ των υποψήφιων μετοχών, με βάση την προβλεπόμενη απόδοσή τους. Οι στρατηγικές θέσεων πώλησης χρησιμοποιούν κυρίως μετοχές που προβλέπεται να έχουν κάποιου είδους πτώση..

1. **Στρατηγική Θέσης Πώλησης All-In (n_all_in)**

$$\text{Decision}_i = \begin{cases} -1 & \text{if } i = \text{argmax}_i(\text{Rank1}_i) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Η συγκεκριμένη στρατηγική τοποθετεί ολόκληρη την επένδυση πώλησης σε μία μόνο μετοχή, αυτή με το υψηλότερο Rank1 (προβλεπόμενη υψηλότερη πτώση). Πρόκειται για μια πολύ επιθετική στρατηγική, η οποία παρέχει τη μέγιστη δυνητική ανταμοιβή μεταξύ των στρατηγικών θέσεων πώλησης, αλλά και πολύ υψηλό κίνδυνο. Εάν δύο ή περισσότερα στοιχεία του εν δυνάμει χαρτοφυλακίου έχουν την ίδια μέγιστη τιμή για το Rank1, τότε η επένδυση κατανέμεται εξίσου.

2–5. **Στρατηγική Πώλησης Top-N Rank1 (n_top_n_rank1)**

$$\text{Decision}_i = \begin{cases} -\frac{1}{N} & \text{if } i \in \text{Top N Rank1 stocks} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Αυτή η στρατηγική κατανέμει την επένδυση ομοιόμορφα στις 'N κορυφαίες μετοχές' με τις υψηλότερες τιμές Rank1, όπου το N μπορεί να είναι 2, 3, 4 ή 5 ανάλογα με την επιλεγμένη στρατηγική. Η στρατηγική επιλέγει τις μετοχές που έχουν τον μεγαλύτερο

κίνδυνο πτώσης (υψηλότερη τιμή Rank1), αγνοώντας τις υπόλοιπες, επιλέγοντας να ¨ποντάρει εναντίον τους¨. Συγκεντρώνει το χαρτοφυλάκιο σε μικρό αριθμό μετοχών, αυξάνοντας τη δυνατότητα για σημαντικά κέρδη, αλλά και εκθέτοντας το χαρτοφυλάκιο σε υψηλό κίνδυνο εάν οι μετοχές αυτές υπεραποδώσουν.

6. **Στρατηγική Θέσης Πώλησης Linear Rank1s (n_linear_rank1)**

$$\text{Decision}_i = -\frac{\text{Rank1}_i}{\sum_j \text{Rank1}_j}$$

Η στρατηγική αυτή κατανέμει επενδύσεις πώλησης αναλογικά με την τιμή Rank1 κάθε μετοχής, η οποία αντιπροσωπεύει την πρόβλεψη για υψηλή πτώση. Ποντάρει ενάντια στις μετοχές με τον υψηλότερο κίνδυνο πτώσης, καθιστώντας την προσέγγιση υψηλού κινδύνου και υψηλής δυνητικής απόδοσης, καθώς επικεντρώνεται μόνο στο Rank1.

7. **Στρατηγική Θέσης Πώλησης Διαφοράς 1-5 (n_difference_1_5)**

$$\text{Decision}_i = -\frac{\max(0, \text{Rank1}_i - \text{Rank5}_i)}{\sum_j \max(0, \text{Rank1}_j - \text{Rank5}_j)}$$

Η στρατηγική αυτή επενδύει μόνο σε μετοχές στις οποίες υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ του υψηλού κινδύνου πτώσης (Rank1) και της υψηλής πιθανότητας ανόδου (Rank5). Οι μετοχές με μικρές ή αρνητικές διαφορές δεν λαμβάνουν επένδυση, συγκεντρώνοντας όλη την επένδυση στις πιο αδύναμες προβλεπόμενες επιδόσεις. Σε αυτή τη στρατηγική εισάγεται αποστροφή κινδύνου, καθώς η στρατηγική λαμβάνει επίσης υπόψη το Rank5 και τιμωρεί περιουσιακά στοιχεία με υψηλές προβλέψεις για άνοδο.

8. **Στρατηγική Πώλησης Διαφοράς 1-5-4 (n_difference_1_5_4)**

$$\text{Decision}_i = -\frac{\text{Rank1}_i - (\text{Rank5}_i + \text{Rank4}_i)}{\sum_j (\text{Rank1}_j - (\text{Rank5}_j + \text{Rank4}_j))}, \quad \text{if Decision}_i < 0, \text{else } 0$$

Αυτή η στρατηγική επικεντρώνεται σε μετοχές με υψηλό Rank1 (κίνδυνος πτώσης), αλλά τιμωρεί τις μετοχές που έχουν επίσης υψηλό Rank5 ή Rank4 (δυνατότητες ανάπτυξης). Αφαιρεί το άθροισμα των Rank5 και Rank4 από το Rank1 για κάθε μετοχή. Εάν το αποτέλεσμα είναι αρνητικό ή μηδενικό, η μετοχή αποκλείεται από την κατανομή επένδυσης. Οι υπόλοιπες μετοχές λαμβάνονουν επένδυση πώλησης αναλογικά. Η αποστροφή κινδύνου εισάγεται με την επιβολή ποινής σε μετοχές με υψηλές προβλέψεις ανόδου.

9. **Στρατηγική Θέσης Πώλησης Weighted Linear rank1, rank2 (n_weighted_-rank1_rank2)**

$$\text{Decision}_i = -\frac{\text{Rank1}_i \times 0.75 + \text{Rank2}_i \times 0.25}{\sum_j (\text{Rank1}_j \times 0.75 + \text{Rank2}_j \times 0.25)}$$

Η στρατηγική αυτή ευνοεί τις μετοχές που προβλέπεται να έχουν την μεγαλύτερη πτώση. Χρησιμοποιεί τόσο το Rank1 (πολύ υψηλός κίνδυνος πτώσης) όσο και το Rank2 (κίνδυ-

νος πτώσης), δίνοντας έμφαση στο Rank1, για την κατανομή των επενδύσεων πώλησης. Όσο υψηλότερες είναι οι τιμές για αυτά τα Rank, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίστοιχη επένδυση. Υπάρχει σημαντική διαφορά στα βάρη που δίνονται στο Rank1 και στο Rank2, γεγονός που σηματοδοτεί την έμφαση στο Rank1 έναντι του Rank2.

10. **Στρατηγική Θέσης Πώλησης Linear Rank1, Rank2 (n_rank1_rank2)**

$$\text{Decision}_i = -\frac{\text{Rank1}_i + \text{Rank2}_i}{\sum_j(\text{Rank1}_j + \text{Rank2}_j)}$$

Η στρατηγική αυτή ευνοεί τις μετοχές που προβλέπεται να υποχωρήσουν περισσότερο. Χρησιμοποιεί τόσο το Rank1 (πολύ υψηλός κίνδυνος πτώσης) όσο και το Rank2 (υψηλός κίνδυνος πτώσης), για την κατανομή των επενδύσεων πώλησης. Όσο υψηλότερη είναι η πιθανότητα αυτών των Rank,τόσο μεγαλύτερη είναι και η επένδυση. Σε αντίθεση με την προηγούμενη στρατηγική, αυτή κατανέμει την επένδυση δίνοντας ίδια βάρη στα Rank1 και Rank2.

11. **Στρατική Θέσης Πώλησης Διαφοράς 1+2-5 (n_difference_1_2_5)**

$$\text{Decision}_i = -\frac{\max(0, \text{Rank1}_i + \text{Rank2}_i - \text{Rank5}_i)}{\sum_j \max(0, \text{Rank1}_j + \text{Rank2}_j - \text{Rank5}_j)}$$

Η στρατηγική αυτή επενδύει μόνο σε μετοχές στις οποίες υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ του κινδύνου πτώσης τους (Rank1, Rank2) και των προβλέψεων για υψηλή άνοδο (Rank5). Οι μετοχές με μικρές ή αρνητικές διαφορές δεν λαμβάνουν καμία επένδυση, συγκεντρώνοντας όλη την επένδυση στις πιο αδύναμες επιδόσεις. Αυτή η στρατηγική επικεντρώνεται σε περιουσιακά στοιχεία με υψηλό κίνδυνο πτώσης, αλλά εισάγει επίσης αποστροφή κινδύνου, τιμωρώντας περιουσιακά στοιχεία με προβλέψεις υψηλής ανόδου.

12. **Στρατηγική Θέσης Πώλησης Διαφοράς 1+2-5-4 (n_difference_1_2_-5_4)**

$$\text{Decision}_i = -\frac{\text{Rank1}_i + \text{Rank2}_i - (\text{Rank5}_i + \text{Rank4}_i)}{\sum_j(\text{Rank1}_j + \text{Rank2}_j - (\text{Rank5}_j + \text{Rank4}_j))}, \quad \text{if Decision}_i < 0, \text{else } 0$$

Αυτή η στρατηγική ευνοεί μετοχές με υψηλό Rank1, Rank2 (κίνδυνος πτώσης), αλλά τιμωρεί μετοχές που έχουν επίσης υψηλό Rank5 ή Rank4 (δυνατότητες ανόδου). Αφαιρεί το άθροισμα των Rank5 και Rank4 από τα Rank1 και Rank2 για κάθε μετοχή. Εάν το αποτέλεσμα είναι αρνητικό ή μηδενικό, η συγκεκριμένη μετοχή αποκλείεται και οι υπόλοιπες λαμβάνουν ένα μερίδιο της επένδυσης αναλογικά. Αυτή η στρατηγική επικεντρώνεται όπως και η προηγούμενη στα περιουσιακά στοιχεία με υψηλές προβλέψεις πτώσης, ενώ παράλληλα τιμωρεί τα περιουσιακά στοιχεία που έχουν υψηλές τιμές είτε για το Rank5 είτε για το Rank4.

13. **Στρατηγική Θέσης Πώλησης Linear Rank1, Rank2, Rank 3 (n_rank1_-rank2_rank3)**

$$\text{Decision}_i = -\frac{\text{Rank1}_i + \text{Rank2}_i + \text{Rank3}_i}{\sum_j(\text{Rank1}_j + \text{Rank2}_j + \text{Rank3}_j)}$$

Η στρατηγική αυτή ενθαρρύνει την επένδυση σε μετοχές που προβλέπεται να πέσουν, χρησιμοποιώντας το Rank1 (πολύ υψηλός κίνδυνος πτώσης), το Rank2 (κίνδυνος πτώσης) και το Rank3 για την κατανομή των επενδύσεων. Όσο υψηλότερα είναι αυτά τα Rank, τόσο μεγαλύτερη και η επένδυση. Σε αυτή τη στρατηγική δεν λαμβάνονται υπόψη οι προβλέψεις ανόδου μιας μετοχής (Rank5, Rank4).

14. **Στρατηγική Θέσης Πώλησης αποφυγής Rank5 (n_against_5)**

$$\text{Decision}_i = -\frac{1 - \text{Rank5}_i}{\sum_j(1 - \text{Rank5}_j)}$$

Αυτή η στρατηγική δίνει αντίστροφη βαρύτητα στο Rank5. Έχει σχεδιαστεί για επενδυτές που αναζητούν μια πολύ ασφαλή κατανομή επενδύσεων, καθώς ο μόνος παράγοντας που λαμβάνεται υπόψη είναι η αποφυγή περιουσιακών στοιχείων με υψηλές τιμές Rank5 (υψηλή πιθανότητα ανόδου).

15. **Στρατηγική Θέσης Πώλησης Σταθμισμένων Κορυφαίων 2 Rank1 (n_-top_2_rank1_weighted)**

$$\text{Decision}_i = \begin{cases} -0.9, & \text{if } i \text{ is the top Rank1 stock} \\ -0.1, & \text{if } i \text{ is the second top Rank1 stock} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Αυτή η στρατηγική αποδίδει σταθερά επενδυτικά βάρη,-0.9,-0.1 στις δύο πρώτες μετοχές με βάση τις τιμές του Rank1 αντίστοιχα. Επικεντρώνει την πλειοψηφία του επενδυτικού κεφαλαίου στην μετοχή με το υψηλότερο Rank1, μοιάζοντας με τη στρατηγική ΄n_all_-in΄ που παρουσιάστηκε παραπάνω.

16. **Στρατηγική Θέσης Πώλησης Σταθμισμένων Κορυφαίων 3 Rank1 (n_-top_3_rank1_weighted)**

$$\text{Decision}_i = \begin{cases} -0.8, & \text{if } i \text{ is the top Rank1 stock} \\ -0.1, & \text{if } i \text{ is the second or third top Rank1 stock} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Αυτή η στρατηγική αποδίδει σταθερά επενδυτικά βάρη -0.8, -0.1, -0.1 στις τρεις πρώτες μετοχές με βάση τις τιμές Rank1. Όπως φαίνεται από τα βάρη, αυτή η στρατηγική επικεντρώνει την πλειοψηφία των επενδύσεων στην μετοχή με την υψηλότερη τιμή για το Rank1.

17. **Στρατηγική Θέσης Πώλησης Αναλογικής Κατανομής Κορυφαίων 2 Rank1 (n_top_2_rank1_proportional)**

$$\text{Decision}_i = -\frac{\text{Rank1}_i}{\text{Rank1}_{\text{top1}} + \text{Rank1}_{\text{top2}}}$$

Σε αυτή τη στρατηγική, οι επενδύσεις κατανέμονται αναλογικά μεταξύ των δύο κορυφαίων περιουσιακών στοιχείων με βάση τις τιμές Rank1 τους. Σαφώς, αυτή η στρατηγική εξασφαλίζει αναλογική κατανομή,βασιζόμενη στις υψηλότερες βαθμολογίες Rank1. Εστιάζει στα περιουσιακά στοιχεία με τις υψηλότερες πιθανότητες πτώσης, καθιστώντας την προσέγγιση υψηλού ρίσκου αλλά και υψηλού πιθανού κέρδους αφού επικεντρώνει το χαρτοφυλάκιο σε δύο μόνο περιουσιακά στοιχεία.

18. **Στρατηγική Θέσης Πώλησης Αναλογικής Κατανομής Κορυφαίων 3 Rank1 (n_top_3_rank1_proportional)**

$$\text{Decision}_i = -\frac{\text{Rank1}_i}{\text{Rank1}_{\text{top1}} + \text{Rank1}_{\text{top2}} + \text{Rank1}_{\text{top3}}}$$

Σε αυτή τη στρατηγική, οι επενδύσεις κατανέμονται αναλογικά μεταξύ των τριών κορυφαίων περιουσιακών στοιχείων με βάση τις τιμές Rank1 τους. Και αυτή η στρατηγική εξασφαλίζει αναλογική κατανομή, εστιάζοντας τις υψηλότερες βαθμολογίες Rank1.Ποντάρει στα περιουσιακά στοιχεία με τις μεγαλύτερες πιθανότητες πτώσης, καθιστώντας την προσέγγιση υψηλού κινδύνου και υψηλής ανταμοιβής, αφού συγκεντρώνει το χαρτοφυλάκιο σε τρία μόνο περιουσιακά στοιχεία.Αυτή η προσέγγιση διαφοροποιεί το χαρτοφυλάκιο περισσότερο από την προηγούμενη,διατηρώντας παράλληλα την αναλογική επένδυση.

19. **Στρατηγική Θέσης Πώλησης Σταθμισμένων Κορυφαίων 2 Rank1, Rank2 (n_top_2_rank1_2_weighted)**

$$\text{Decision}_i = \begin{cases} -0.9, & \text{if } i \text{ is the top Rank1 stock} \\ -0.1, & \text{if } i \text{ is the top Rank2 stock} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Αυτή η στρατηγική αποδίδει σταθερά βάρη στην κορυφαία μετοχή με βάση το Rank1 και στην κορυφαία μετοχή με βάση το Rank2. Συγκεντρώνει το χαρτοφυλάκιο σε δύο μόνο περιουσιακά στοιχεία, ενώ δίνει έμφαση στην κορυφαία μετοχή με βάση το Rank1 (με βάρος -0,9). Στην περίπτωση που ένα περιουσιακό στοιχείο έχει τόσο την υψηλότερη πρόβλεψη Rank1 όσο και Rank2, το -1 ευρώ κατανέμεται σε αυτό το περιουσιακό στοιχείο και έχουμε τα ίδια αποτελέσματα με αυτά του ΄n_all_in΄.

20. **Στρατηγική Θέσης Πώλησης Σταθμισμένων Κορυφαίων 4 Rank1, Rank2 (n_top_4_rank1_2_weighted)**

$$\text{Decision}_i = \begin{cases} -0.6, & \text{if } i \text{ is the top Rank1 stock} \\ -0.1, & \text{if } i \text{ is the second top Rank1 stock} \\ -0.2, & \text{if } i \text{ is the top Rank2 stock} \\ -0.1, & \text{if } i \text{ is the second top Rank2 stock} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Αυτή η στρατηγική αποδίδει σταθερά βάρη στις δύο πρώτες μετοχές με βάση το Rank1 και στις δύο πρώτες μετοχές με βάση το Rank2. Συγκεντρώνει το χαρτοφυλάκιο σε τέσσερα περιουσιακά στοιχεία το πολύ, ενώ δίνει έμφαση στις κορυφαίες μετοχές ως προς toRank1 (με συνολικό βάρος -0,7). Αυτή η στρατηγική επενδύει σε περισσότερα περιουσιακά στοιχεία, ενώ εξακολουθεί να ευνοεί τις μετοχές υψηλής πιθανότητας στα (Rank1, Rank2 για επένδυση πώλησης).

Εδώ αξίζει να σημειωθεί πως έπειτα από την κατασκευή των στρατηγικών ακολούθησε ομαδοποίησή τους χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο K-Means, όπως έγινε και στην περίπτωση των στρατηγικών θέσεων αγοράς. Τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν στο επόμενο κεφάλαιο.

Τέλος, σε όλες τις στρατηγικές που παρουσιάστηκαν παραπάνω, είτε στρατηγικές θέσεων αγοράς, είτε θέσεων πώλησης, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή να χρησιμοποιείται εντός της στρατηγικής η απαραίτητη ¨κανονικοποίηση' έτσι ώστε το άθροισμα των απολύτων τιμών των επιμέρους επενδύσεων να ισούται με 1. Ωστόσο, για λόγους πληρότητας, όπως θα φανεί και στο επόμενο κεφάλαιο, δοκιμάστηκε και η επένδυση μικρότερων ποσών, από 0.3 έως και 0.9 ευρώ. Τα αποτελέσματα, αν και γνωστά από την ήδη υπάρχουσα βιβλιογραφία, συμπεριλαμβάνονται συνοπτικά στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων.

5.3 Μικτές Στρατηγικές

Με τον όρο μικτή στρατηγική περιγράφουμε την στρατηγική η οποία χρησιμοποιεί για την μεγιστοποίηση των κερδών τόσο θέσεις αγοράς όσο και θέσεις πώλησης. Αντί να εφαρμόζουμε στρατηγικές που χρησιμοποιούν αποκλειστικά ένα είδος θέσης για τον καθορισμό της απόφασης για όλα τα περιουσιακά στοιχεία, αναπτύξαμε μικτές στρατηγικές που συνδυάζουν και τις δύο προσεγγίσεις για τη βελτιστοποίηση των επενδυτικών αποφάσεων. Οι μικτές στρατηγικές κατασκευάζονται ως εξής:

Πρώτον, χρησιμοποιούμε τις πιθανοτικές προβλέψεις για κάθε περιουσιακό στοιχείο και τις αντίστοιχες αποφάσεις που παράγονται τόσο από τις στρατηγικές πώλησης όσο και αγοράς. Για κάθε περιουσιακό στοιχείο, εάν το άθροισμα των πιθανοτήτων για Rank1 και Rank2 υπερβαίνει το άθροισμα των πιθανοτήτων για Rank4 και Rank5, υποδεικνύοντας μεγαλύτερο κίνδυνο πτώσης από ό,τι δυνατότητα ανάπτυξης, επιλέγουμε την απόφαση πώλησης (short position) (προκύπτει από την αντίστοιχη στρατηγική) για το εν λόγω περιουσιακό στοιχείο. Διαφορετικά, εφαρμόζουμε την απόφαση αγοράς (long position).

Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε περιουσιακό στοιχείο μέχρι να υπάρχουν επενδυτικές αποφάσεις για όλα. Τέλος, το διάνυσμα αποφάσεων (επενδύσεων) κανονικοποιε-

ίται έτσι ώστε το άθροισμα των απόλυτων τιμών όλων των επιμέρους του στοιχείων να είναι 1.

Μικτές στρατηγικές μπορούν να προκύψουν με δύο τρόπους:

- Συνδυάζοντας στρατηγικές θέσεων αγοράς με τις αντίστοιχές τους θέσεις πώλησης (όπως παρουσιάστηκαν στις δύο προηγούμενες υποενότητες), όπως φαίνεται και παρακάτω, με $1 \leq n \leq 20$:

  $$\text{Decision}_i = \begin{cases} \text{Short Strategy n}, & \text{if rank1}_i + \text{rank2}_i > \text{rank4}_i + \text{rank5}_i \\ \text{Long Strategy n}, & \text{otherwise} \end{cases}$$, όπου οι όροι

  Short Strategy n και Long Strategy n αναφέρονται στην επένδυση που προκύπτει από τις αντίστοιχες στρατηγικές.

  Με αυτό τον τρόπο προκύπτουν οι μικτές στρατηγικές της παρακάτω λίστας:

  1. all_in_n_all_in
  2–5. top_n_rank5_n_top_n_rank1
  6. linear_rank5_n_linear_rank1
  7. difference_5_1 _n_difference_1_5
  8. difference_5_1_2_n_difference_1_5_4
  9. weighted_rank5_rank4_n_weighted_rank1_rank2
  10. linear_rank5_rank4_n_linear_ rank1_rank2
  11. difference_5_4_1_n_difference_1_2_5
  12. difference_5_4_1_2_n_difference_1_2_5_4
  13. linear_rank5_rank4_rank3_n_linear_rank1_rank2_rank3
  14. against_rank1_n_against_rank5
  15. top_2_rank5_weighted_n_top_2_rank1_weighted
  16. top_3_rank5_weighted_n_top_3_rank1_weighted
  17. top_2_rank5_proportional_n_top_2_rank1_proportional
  18. top_3_rank5_proportional_n_top_3_rank1_proportional
  19. top_2_rank5_4_weighted_n_top_2_rank1_2_weighted
  20. top_4_rank5_4_weighted_n_top_4_rank1_2_weighted

  Εδώ αξίζει να σημειωθεί πως οι παραπάνω στρατηγικές χωρίστηκαν και αυτές σε clusters με βάση το ρίσκο, χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο K-Means, όπως και στις προηγούμενες δύο περιπτώσεις και τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν στο επόμενο κεφάλαιο.

- Ένας ακόμη τρόπος για να προκύψουν μικτές στρατηγικές είναι ο συνδυασμός των πιο αποδοτικών στρατηγικών (σύμφωνα με το IR) πώλησης και αγοράς.

  Συνδυασαμε κάθε μία από τις ακόλουθες στρατηγικές αγοράς: linear_5_4_3, against_-rank1,difference_5_4_1, difference_5_4_1_2, difference_5_1 με κάθε μία από τις

ακόλουθες στρατηγικές πώλησης: n_all_in, n_top_2_rank1_weighted, n_top_-2_rank1_2_weighted, n_top_3_rank1_weighted, n_top_4_rank1_2_weighted.

Αξίζει να σημειωθεί πως, καθώς δεν υπάρχει πρότερη γνώση για το ποιές στρατηγικές θα είναι οι πιο αποδοτικές, κατά τη διάρκεια των τριών πρώτων μηνών εξετάζεται η ικανότητα όλων των στρατηγικών να μεγιστοποιήσουν τα κέρδη και έπειτα επιλέγονται οι βέλτιστοι συνδυασμοί. Η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει αντιληπτή και σαν μία εναλλακτική μορφή του γνωστού διλήμματος 'exploration versus exploitation'.

Με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω προέκυψαν οι εξής συνδυασμοί:

21. `linear_rank5_rank4_rank3_n_all_in`
22. `linear_rank5_rank4_rank3_n_top_2_rank1_weighted`
23. `linear_rank5_rank4_rank3_n_top_2_rank1_2_weighted`
24. `linear_rank5_rank4_rank3_n_top_3_rank1_weighted`
25. `linear_rank5_rank4_rank3_n_top_4_rank1_2_weighted`
26. `against_rank1_n_all_in`
27. `against_rank1_n_top_2_rank1_weighted`
28. `against_rank1_n_top_2_rank1_2_weighted`
29. `against_rank1_n_top_3_rank1_weighted`
30. `against_rank1_n_top_4_rank1_2_weighted`
31. `difference_5_4_1_n_all_in`
32. `difference_5_4_1_n_top_2_rank1_weighted`
33. `difference_5_4_1_n_top_2_rank1_2_weighted`
34. `difference_5_4_1_n_top_3_rank1_weighted`
35. `difference_5_4_1_n_top_4_rank1_2_weighted`
36. `difference_5_4_1_2_n_all_in`
37. `difference_5_4_1_2_n_top_2_rank1_weighted`
38. `difference_5_4_1_2_n_top_2_rank1_2_weighted`
39. `difference_5_4_1_2_n_top_3_rank1_weighted`
40. `difference_5_4_1_2_n_top_4_rank1_2_weighted`
41. `difference_5_1_n_all_in`
42. `difference_5_1_n_top_2_rank1_weighted`
43. `difference_5_1_n_top_2_rank1_2_weighted`
44. `difference_5_1_n_top_3_rank1_weighted`
45. `difference_5_1_n_top_4_rank1_2_weighted`

5.4 Η Μεθοδολογία Markowitz: Το Σημείο Αναφοράς

Όπως έχει ανφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, η μεθοδολογία που εισήγαγε ο Markowitz αποτελεί ορόσημο στην θεωρία βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίου. Στη παρούσα έρευνα, χρησιμοποιούμε αυτή την προσέγγιση σαν benchmark, επιχειρώντας με αυτό τον τρόπο να αξιολογήσουμε σε τι βαθμό οι εξεταζόμενες στρατηγικές είναι αποδοτικές. Για αυτό το λόγο, αναπτύξαμε μία παραλλαγή της προσσέγγισης του Markowitz, που να λαμβάνει σαν είσοδο τις πιθανοτικές προβλέψεις που έχουμε στη διάθεσή μας.

Αρχικά υπολογίζουμε το μέσο κέρδος (μ) για τις μετοχές του κάθε ενός από τα 5 Rank, χρησιμοποιώντας ιστορικά δεδομένα. Με άλλα λόγια, χωρίζουμε τα εξεταζόμενα περιουσιακά στοιχεία σε 5 Ranks με βάση την απόδοσή τους κάθε μήνα εντός των ετών 2015–2021.

Πιο συγκεκριμένα, ξεκινάμε υπολογίζοντας μηνιαία κέρδη. Για το περιουσιακό στοιχείο i την χρονική στιγμή t, το κέρδος ορίζεται ως εξής:

$$r_{i,t} = \frac{P_{i,t} - P_{i,t-1}}{P_{i,t-1}},$$

όπου $P_{i,t}$ είναι η τιμή κλεισίματος του i την χρονική στιγμή t. Έπειτα, για κάθε μήνα, τα περιουσιακά στοιχεία χωρίζονται σε 5 πεμπτημόρια με βάση τα κέρδη που έχουν αποφέρει (returns). Το Rank 1 αντιστοιχεί στο κατώτερο 20% (χαμηλότερα κέρη), και το Rank 5 αντιστοιχείστο ανώτερο 20% (υψηλότερα κέρδη).

Έπειτα, υπολογίζεται το μέσο κέρδος για κάθε Rank j:

$$\mu_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i \in R_j} r_i,$$

όπου R_j είναι το σύνολο των περιουσιακών στοιχείων στο Rank j, n_j είναι ο αριθμός των μετοχών στο Rank j, και r_i είναι το κέρδος που προέρχεται από τη μετοχή i. Χρησιμοποιώντας τα παρελθοντικά δεδομένα που προαναφέρθηκαν, το διάνυσμα μ προκύπτει να είναι το

$$\mu = [-0.056242,\ -0.011961,\ 0.008799,\ 0.030421,\ 0.085361].$$

Όπως είναι ήδη γνωστό, για κάθε μετοχή i, μας παρέχονται πιθανοτικές προβλέψεις $[P_{i,1}, P_{i,2}, P_{i,3}, P_{i,4}, P_{i,5}]$, όπου $P_{i,j}$ είναι η πιθανότητα η μετοχή i να ανήκει στο Rank j. Το αναμενόμενο κέρδος έπειτα υπολογίζεται για τη μετοχή i ως εξής:

$$R_i = \sum_{j=1}^{5} P_{i,j} \cdot \mu_j.$$

Με αυτό τον τρόπο χρησιμοποιούνται οι πιθανοτικές προβλέψεις αλλά και η αναμενόμενη επίδοση του κάθε Rank, και προκύπτει ένα διάνυσμα $\mathbf{R} = [R_1, R_2, \ldots, R_n]$ για όλες τις n μετοχές.

Το πρόβλημα βελτιστοποίησης που προκύπτει έχει ως στόχο την μεγιστοποίηση της παρακάτω συνάρτησης:

$$U(\mathbf{w}) = \mathbf{w}^\top \mathbf{R} \; - \; \lambda \cdot \mathbf{w}^\top \Sigma \mathbf{w},$$

όπου $\mathbf{w} = [w_1, w_2, \ldots, w_n]$ είναι τα βάρη του χαρτοφυλακίου (οι επενδύσεις που ψάχνουμε), $\mathbf{R} = [R_1, R_2, \ldots, R_n]$ είναι τα αναμενόμενα κέρδη για όλες τις μετοχές, Σ είναι ο πίνακας συνδιακύμανσης των κερδών των μετοχών, και λ είναι η παράμετρος που καθορίζει το επιθυμητό ρίσκο. Ο όρος $\mathbf{w}^\top \mathbf{R}$ αναπαριστά τα κέρδη του χαρτοφυλακίου, και $\mathbf{w}^\top \Sigma \mathbf{w}$ είναι το ρίσκο που συνεπάγεται με το χαρτοφυλάκιο. Ο συνδυασμός τους δίνει την παραπάνω συνάρτηση που συνδυάζει κέρδος και ρίσκο.

5.4.1 Περιορισμοί

Το παραπάνω πρόβλημα βελτιστοποίησης έχει τον εξής περιορισμό:

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1,$$

ο οποίος βεβαιώνει πως η συνολική επένδυση είναι 1 ευρώ, αλλά και τον παρακάτω περιορισμό:

$$w_i \geq 0 \quad \forall i,$$

αν θέλουμε να εξετάσουμε μόνο θέσεις αγοράς.

Φυσικά, σε διαφορετικά πειράματα χρησιμοποιήθηκαν και οι περιορισμοί

$$\sum_{i=1}^{n} |w_i| = 1,$$

$$w_i \leq 0 \quad \forall i,$$

για την εξαγωγή χαρτοφυλακίου θέσης πώλησης, αλλά και μόνο ο περιορισμός

$$\sum_{i=1}^{n} |w_i| = 1,$$

για την εξαγωγή μικτού χαρτοφυλακίου.

Για την εξαγωγή της αριθμητικής λύσης των παραπάνω προβλημάτων χρησιμοποιήσαμε τον αλγόριθμο Sequential Least Squares Programming (SLSQP), ο οποίος είναι ένας gradient-based αλγόριθμος για προβλήματα βελτιστοποίησης με περιορισμούς. Αρχικά τίθενται όλα τα βάρη ίσα με $1/n$. Η κλίση (gradient) του κέρδους του χαρτοφυλακίου $\mathbf{w}^\top \mathbf{R}$ ως προς το $\mathbf{w}$ είναι απλώς $\mathbf{R}$, και η κλίση του όρου που αναπαριστά το ρίσκο $\mathbf{w}^\top \Sigma \mathbf{w}$ ως προς το $\mathbf{w}$ είναι $2\,\Sigma \mathbf{w}$. Κατά την διάρκεια κάθε επανάληψης, ο αλγόριθμος ανανεώνει το διάνυσμα των βαρών $\mathbf{w}$ προς την κατεύθυνση που μεγιστοποιεί την προαναφερθείσα συνάρτηση, σεβόμενος τους περιορισμούς. Η σύγκλιση επιτυγχάνεται όταν οι αλλαγές του $\mathbf{w}$ και την συνάρτησης στόχου είναι αρκετά μικρές.

Τα αποτελέσματα των παραπάνω πειραματισμών θα παρουσιαστούν εκτενώς στο επόμενο κεφάλαιο.

Κεφάλαιο 6

Αποτελέσματα και Ανάλυση

Το παρόν κεφάλαιο έχει ως στόχο την παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την ερευνητική μεθοδολογία που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα. Αρχικά θα παρουσιαστούν αποτέλεσματα και συμπεράσματα από την εξέταση στρατηγικών θέσεων αγοράς. Επιπλέον, η ίδια διαδικασία θα ακολουθήσει για στρατηγικές θέσεων πώλησης αλλά και για μικτές στρατηγικές, όπως περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Τέλος, θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα από την προσέγγιση που ακολουθήθηκε στην παρούσα εργασία ως προς την μεθοδολογία του Markowitz. Παράλληλα, θα γίνει μία συνολική σύγκριση όλων των στρατηγικών που κατασκευάστηκαν για τη βελτιστοποίηση χαρτοφυλακίου, δεδομένων των πιθανοτικών προβλέψεων που προέκυψαν από τις 6 καλύτερες ομάδες του διαγωνισμού M6. Τέλος, θα εξαχθούν σημαντικά συμπεράσματα που αφορούν στις διαφορετικές επιλογές που έχει ένας επενδυτής όταν επιχειρεί να βελτιστοποιήσει ένα χαρτοφυλάκιο.

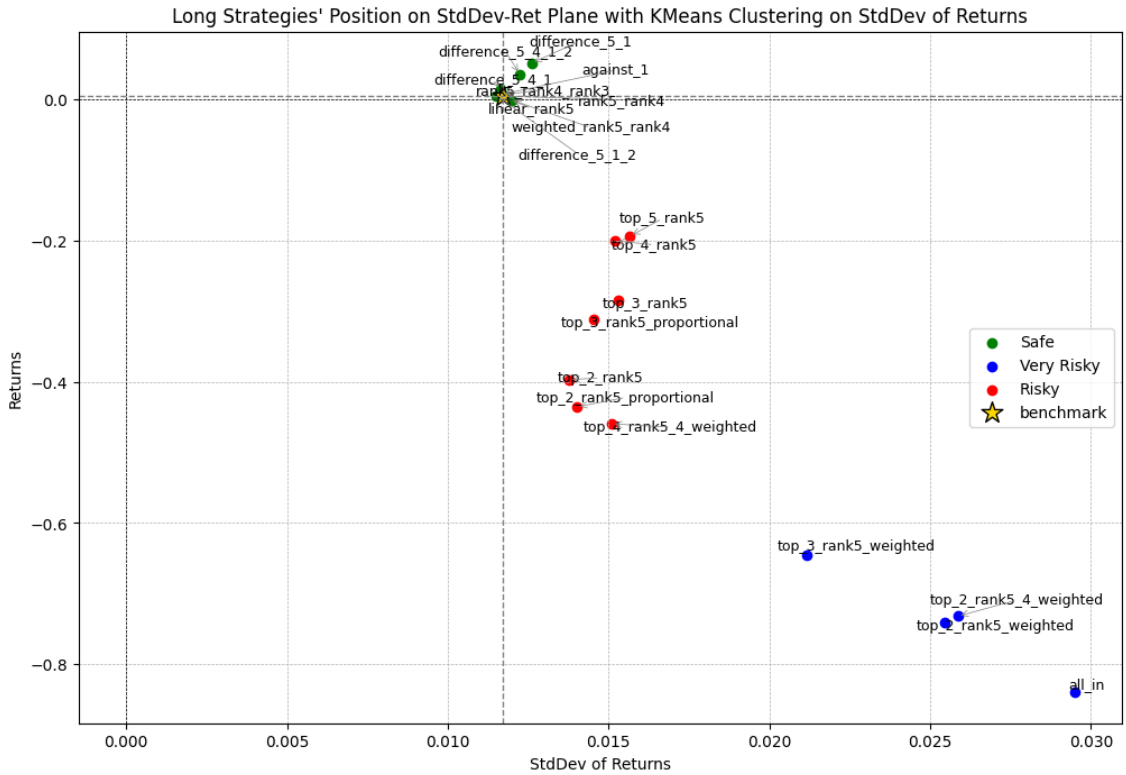
6.1 Αποτελέσματα από την χρήση στρατηγικών θέσεων αγοράς

Όπως αναλύθηκε εκτενώς και στην προηγούμενη ενότητα, ένα από τα πρώτα βήματα που ακολουθήθηκαν για την εξαγωγή συμπερασμάτων από την κατασκευή των διαφόρων στρατηγικών θέσεων αγοράς ήταν η ομαδοποίηση των στρατηγικών αυτών ανάλογα με το ρίσκο το οποίο ενέχουν. Πιο συγκεκριμένα, όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι στρατηγικές αυτές χωρίστηκαν σε τρία clusters: Very Risky, Risky και Safe. Ο διαχωρισμός αυτός έγινε χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο K-Means πάνω στο standard deviation των κερδών της κάθε στρατηγικής. Στο διάγραμμα 6.1 φαίνεται το αποτέλεσμα αυτής της ομαδοποίησης. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται και με συντομία στον πίνακα 6.1.

Οι στρατηγικές έχουν τοποθετηθεί πάνω σε ένα επίπεδο που ορίζεται από τους άξονες κερδών(απόδοσης) και κινδύνου, όπως αυτός εκφράζεται από το standard deviation. Στο συγκεκριμένο σχήμα παρατηρούμε επιπλέον και ένα απλοϊκό benchmark, που δεν είναι άλλο από τον ισόποσο διαμοιρασμό βαρών επενδύσεων σε όλα τα περιουσιακά στοιχεία. Το συγκεκριμένο benchmark χωρίζει το επίπεδο σε τέσσερα τεταρτημόρια. Το κάτω δεξιά τεταρτημόριο αντιπροσωπεύει στρατηγικές οι οποίες προσφέρουν χαμηλότερα κέρδη από το benchmark με υψηλότερο ρίσκο. Συνεπώς, οι στρατηγικές αυτές δεν έχουν κάποιο λόγο να προτιμηθούν από έναν ορθολογικό επενδυτή συγκριτικά με το benchmark. Παρατηρούμε πως σε αυτό το τεταρτημόριο συγκαταλέγονται οι Risky και Very Risky στρατηγικές, κάτι που σημαίνει πως,

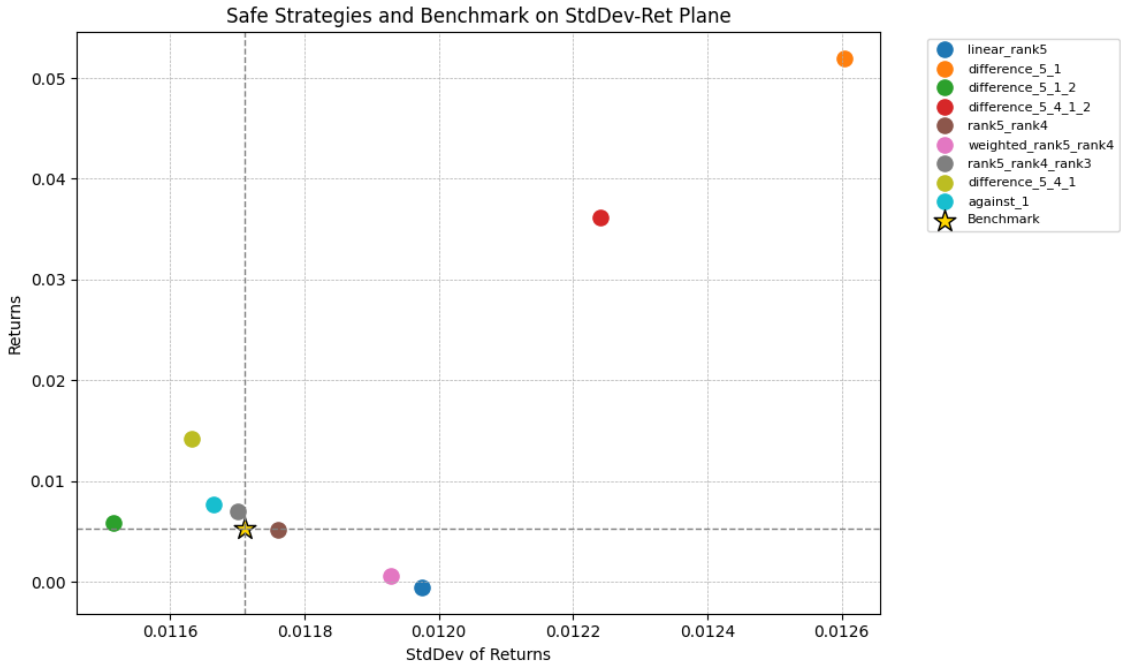
Safe Στρατηγικές	**Risky Στρατηγικές**	**Very Risky Στρατηγικές**
weighted_rank5_rank4	top_5_rank5	all_in
difference_5_1_2	top_4_rank5	top_2_rank5_weighted
linear_rank5	top_3_rank5	top_2_rank5_4_weighted
rank5_rank4	top_3_rank5_proportional	top_3_rank5_weighted
against_1	top_2_rank5_proportional	
difference_5_4_1	top_2_rank5	
linear_rank5_rank4_rank3		
difference_5_4_1_2		
difference_5_1		
benchmark		

Πίνακας 6.1: *Κατηγοριοποίηση των στρατηγικών θέσεων αγοράς βάσει του ρίσκου τους.*



Εικόνα 6.1: *Το αποτέλεσμα της ομαδοποίησης στρατηγικών θέσεων αγοράς με βάση το ρίσκο που ενέχουν.*

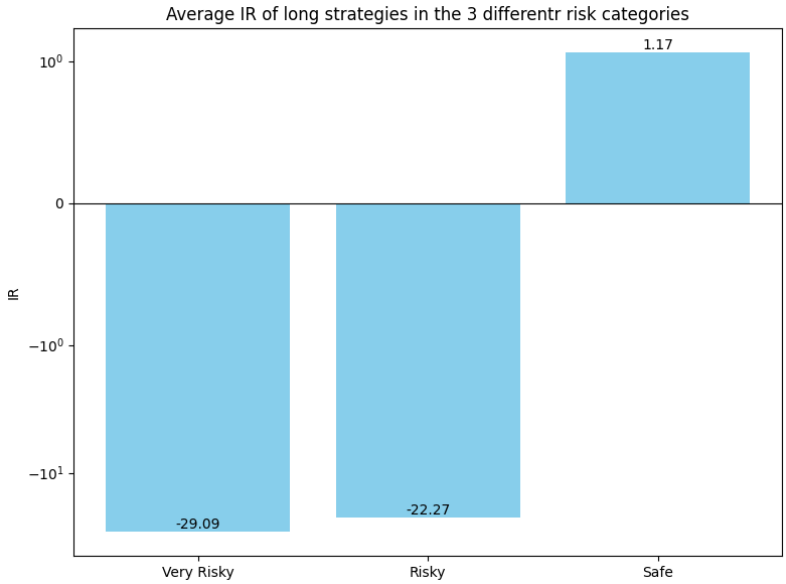
όπως θα φανεί και πολύ πιο ξεκάθαρα παρακάτω, σε αυτή την περίπτωση αυτές οι στρατηγικές έχουν πολύ χαμηλό IR. Το κάτω αριστερά τεταρτημόριο δυνητικά συμπεριλαμβάνει στρατηγικές οι οποίες μπορεί να προσφέρουν κατά κανόνα χαμηλότερα κέρδη από το benchmark, αλλά είναι πιο ασφαλείς. Αντίστοιχα, το πάνω δεξιά τεταρτημόριο αντιπροσωπεύει στρατηγικές οι οποίες μπορεί να προσφέρουν υψηλότερα κέρδη από το benchmark που περιγράφηκε προηγουμένως, έχουν ωστόσο υψηλότερο ρίσκο. Τέλος, το προτιμότερο τεταρτημόριο από όλα ίσως είναι το πάνω αριστερά, του οποίου οι στρατηγικές προσφέρουν υψηλότερα κέρδη με χαμηλότερο ρίσκο. Από τα παραπάνω τεταρτημόρια, πέραν του κάτω δεξιά που, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, συγκεντρώνει κάποιες στρατηγικές, πολλές στρατηγικές, κυρίως από το cluster Safe βρίσκονται στο πάνω δεξιά. Στο διάγραμμα 6.2 απεικονίζονται ευκρινώς οι safe στρατηγικές, που σε αυτή την περίπτωση φαίνεται να δίνουν τα καλύτερα αποτελέσματα.



Εικόνα 6.2: *Οι ασφαλείς στρατηγικές.*

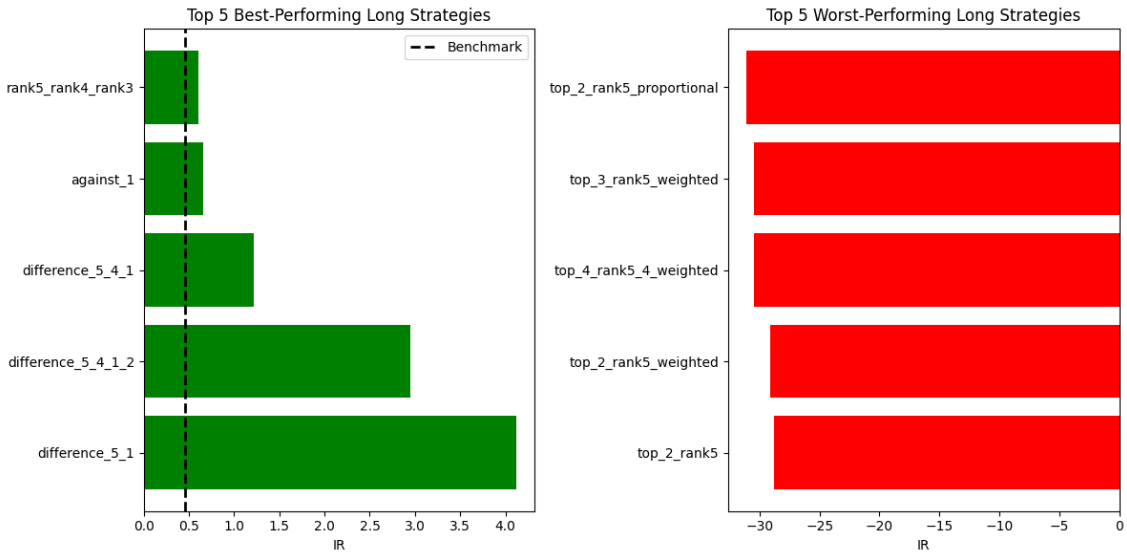
Ένα εμφανές συμπέρασμα, χρήσιμο για τις επόμενες υποενότητες που ακολουθούν, είναι ότι οι ασφαλείς σταρτηγικές, έτσι όπως αυτές προκύπτουν από την ομαδοποίηση που έγινε, φαίνεται να έχουν σε έναν βαθμό παρόμοια συμπεριφορά με το benchmark. Όχι μόνο οι στρατηγικές αυτές έχουν αντίστοιχα returns, αλλά χαρακτηρίζονται και από το ίδιο ρίσκο. Ένας από τους λόγους που θα μπορούσε να εξηγεί το παραπάνω θα μπορούσε να είναι, όπως θα φανεί σε επόμενα διαγράμματα, η διαφοροποίηση (diversification) που χαρακτηρίζει τα χαρτοφυλάκια που προκύπτουν από αυτές τις στρατηγικές. Τέλος, στην συγκεκριμένη περίπτωση, παρατηρούμε πως η στρατηγική 'difference_5_1' απομακρύνεται από το benchmark, προσφέροντας υψηλότερα κέρδη, με υψηλότερο βέβαια κίνδυνο. Όπως θα φανεί και παρακάτω, η στρατηγική difference_5_1 φαίνεται να διαφοροποιείται από τις υπόλοιπες και να τις ξεπερνά σε επίπεδο απόδοσης.

Στο διάγραμμα 6.3 παρατηρούμε το μέσο IR κάθε ομάδας στρατηγικών. Όπως είχε γίνει ήδη αντιληπτό από το προηγούμενο διάγραμμα, οι Risky και οι Very Risky στρατηγικές έχουν



Εικόνα 6.3: *Το μέσο IR των διαφόρων ομάδων στρατηγικών θέσεων αγοράς.*

πολύ χαμηλό IR, ενώ αρκετά καλύτερα αποτελέσματα παρατηρούμε στις safe στρατηγικές. Οι Risky και ιδιαίτερα οι Very Risky στρατηγικές συγκεντρώνουν τις επενδύσεις σε λίγες μετοχές, των οποίων η τιμή αναμένεται να ανέβει. Ωστόσο, τη συγκεκριμένη περίοδο που εξετάζουμε (2022), οι αγορές παρατηρείται να έχουν πτωτικές τάσεις, κάτι που φαίνεται να δημιουργεί έντονο πρόβλημα στις στρατηγικές που ενέχουν περισσότερο ρίσκο.

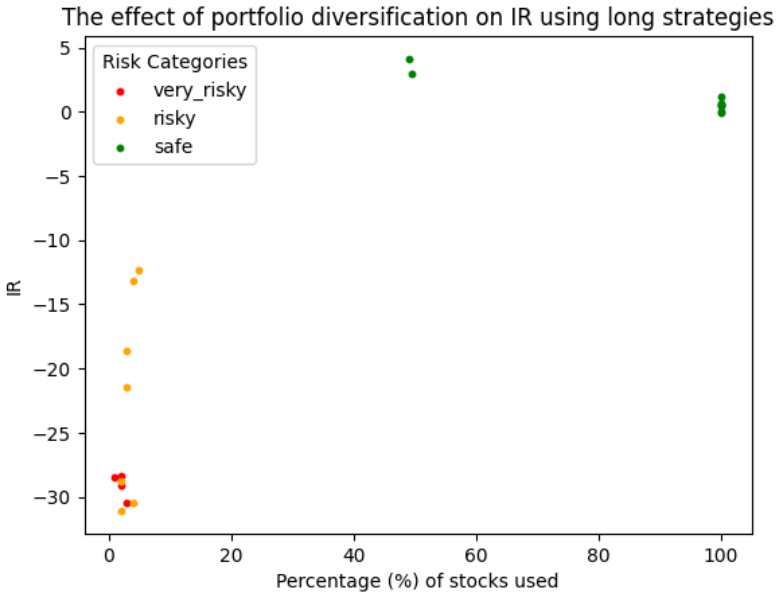


Εικόνα 6.4: *Οι καλύτερες και οι χειρότερες στρατηγικές θέσεων αγοράς με βάση το IR τους.*

Συμπληρώνοντας τα αποτελέσματα από το διάγραμμα 6.3, στο διάγραμμα 6.4 παρουσιάζονται οι καλύτερες και οι χειρότερες στρατηγικές θέσεων αγοράς, καθώς και τα IR που πέτυχαν. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, υπάρχουν στρατηγικές που παρά την γενικά πτωτική αγορά εκείνο το χρονικό διάστημα, καταφέρνουν, χρησιμοποιώντας θέσεις αγοράς, να ξεπεράσουν κατά πολύ το benchmark και να φέρουν πολύ σημαντικά κέρδη. Φαίνεται πως στρατηγικές σαν τις difference_5_1, difference_5_4_1_2, difference_5_4_1 μπορούν να

είναι πολύ αποτελεσματικές. Επιχειρώντας να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα, παρατηρούμε πως οι συγκεκριμένες στρατηγικές έχουν σαν κοινό παρονομαστή την εκμετάλλευση μετοχών που έχουν υψηλή πιθανότητα αύξησης αλλά και την αποστροφή κινδύνου, αποφεύγοντας να επενδύσουν σε περιουσιακά στοιχεία των οποίων η τιμή προβλέπεται να πέσει. Αντίστροφα, όπως έχει αναλυθεί και παραπάνω, οι χειρότερες στρατηγικές θέσεων αγοράς φαίνεται να είναι αυτές οι οποίες συγκεντρώνουν όλες τις επενδύσεις σε πολύ λίγες μετοχές των οποίων η τιμή προβλέπεται να αυξηθεί, κάτι το οποίο όμως ενέχει υψηλό βαθμό ρίσκου, ιδιαίτερα σε πτωτικές αγορές σαν και αυτές που παρατηρούνται την συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

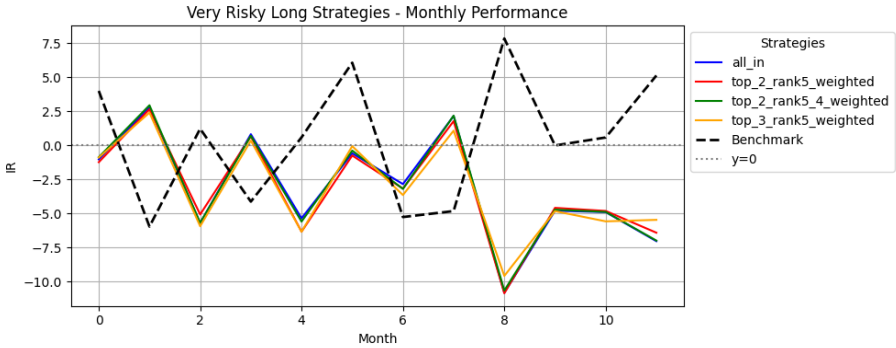
Τα παραπάνω γίνονται εύκολα αντιληπτά αν κανείς παρατηρήσει και το διάγραμμα 6.5, όπου φαίνεται και η σχέση IR-diversification στις συγκεκριμένες στρατηγικές.



Εικόνα 6.5: *Η επίδραση της διαφοροποίησης στο IR των στρατηγικών θέσεων αγοράς.*

Η συσώρευση σημαντικών επενδύσεων σε λίγες μετοχές φέρει αποτελέσματα που μπορούν να διαφέρουν μεταξύ τους έως και 15 μονάδες IR, ενώ οι γενικά πτωτικές αγορές που παρατηρούνται έχουν ως αποτέλεσμα γενικά χαμηλά IR scores. Από την άλλη πλευρά, όταν διαφοροποιούνται οι επενδύσεις για να συμπεριλαμβάνουν μεγαλύτερο ποσοστό των διαθέσιμων μετοχών, δεν παρατηρείται η ίδια αβεβαιότητα ως προς τα αποτελέσματα. Παράλληλα, δεν φαίνεται να υπάρχει υψηλή πιθανότητα για χαμηλά IR-scores, όπως θα φανεί και στο υπόλοιπο της παρούσας έρευνας, ενώ σε κάποιες από τις στρατηγικές παίρνουμε και πολύ καλά αποτελέσματα (όπως φάνηκε και παραπάνω).

Μία ακόμα σημαντική παράμετρος της παρούσας ανάλυσης είναι η σταθερότητα καθόλη τη διάρκεια του χρόνου των αποτελεσμάτων των εν λόγω στρατηγικών. Για παράδειγμα, δεν θα ήταν επιθυμητό μία στρατηγική με υψηλό IR να οφείλει τα καλά της αποτελέσματα σε έναν μόνο πολύ προσοδοφόρο μήνα, καθώς κάτι τέτοιο θα μπορούσε να θεωρηθεί και εκμετάλλευση ενός τυχαίου outlier. Στο διάγραμμα 6.6 παρουσιάζονται τα μηνιαία αποτελέσματα των very risky και safe στρατηγικών θέσεων αγοράς. Στην πρώτη περίπτωση παρατηρούμε πως οι very risky στρατηγικές πετυχαίνουν θετικό IR μόνο σε τρεις μήνες. Από την άλλη, οι safe στρατηγικές πετυχαίνουν θετικό IR σε επτά διαφορετικούς μήνες, κάτι που τις καθιστά αρκετά αξιόπιστες.

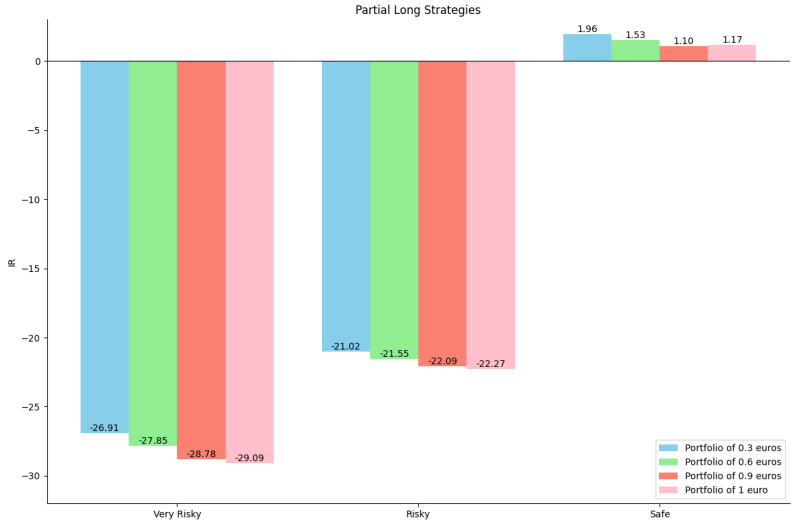


(α′) *Η μηνιαία επίδοση των very risky στρατηγικών θέσεων αγοράς.*

(β′) *Η μηνιαία επίδοση των safe στρατηγικών θέσεων αγοράς.*

Εικόνα 6.6: *Σύγκριση μεταξύ των μηνιαίων επιδόσεων safe και very risky στρατηγικών θέσεων αγοράς.*

Ένα ακόμη συμπέρασμα που προκύπτει από αυτό το διάγραμμα είναι και η ταύτιση των safe στρατηγικών με το benchmark σε πολύ μεγάλο βαθμό, καθόλη τη διάρκεια του χρόνου. Ωστόσο, κάποιες μικρές διαφοροποιήσεις που υπάρχουν είναι αρκετές έτσι ώστε πολλές από αυτές τις στρατηγικές να ξεπεράσουν κατά πολύ τον ισόποσο διαμοιρασμό επενδύσεων μεταξύ των διαθέσιμων περιουσιακών στοιχείων.



Εικόνα 6.7: *Η επίδραση του μεγέθους της επένδυσης στην απόδοση του χαρτοφυλακίου.*

Τέλος,για λόγους πληρότητας εξετάστηκε και η επένδυση, με βάση αυτές τισ στρατηγικές, μικρότερου κεφαλαίου με τα αποτελέσματα να επιβεβαιώνουν τα θεωρητικά αναμενόμενα. Όπως φαίνεται λοιπόν και στο διάγραμμα 6.7, όσο μικρότερο το συνολικό μέγεθος της επένδυσης, τόσο υψηλότερο το IR του χαρτοφυλακίου.Δοκιμάστηκε η επένδυση από 0.3 έως και 1 ευρώ,δηλαδή όλο το εύρος τιμών που επιτρεπόταν από τον διαγωνισμό M6.
Κάτι τέτοιο ήταν αναμενόμενο, καθώς σε μία πτωτική αγορά, η επένδυση μικρότερου κεφαλαίου μειώνει καθοριστικά τον παράγοντα κινδύνου.

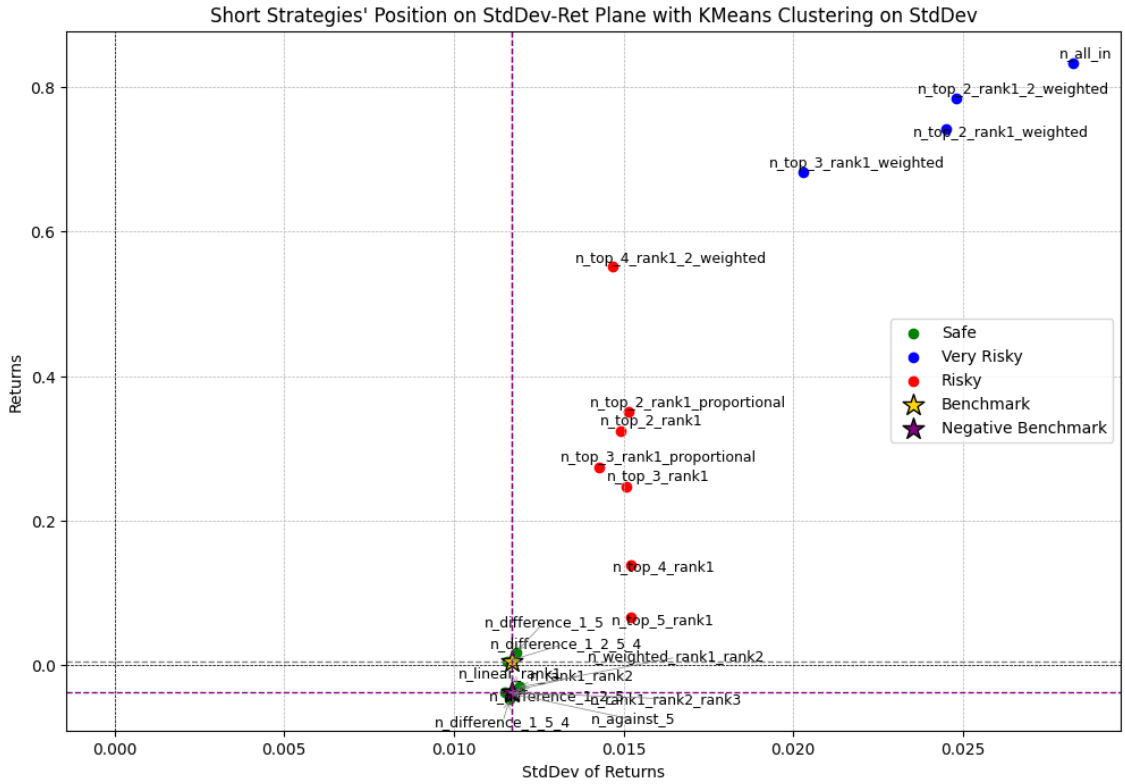
6.2 Αποτελέσματα από την χρήση στρατηγικών θέσεων πώλησης

Αντιστοίχως με τις στρατηγικές θέσεων αγοράς, ένα από τα πρώτα βήματα που ακολουθήθηκαν για την εξαγωγή συμπερασμάτων από την κατασκευή των διαφόρων στρατηγικών θέσεων πώλησης ήταν η ομαδοποίηση των στρατηγικών αυτών ανάλογα με το ρίσκο το οποίο ενέχουν. Πιο συγκεκριμένα, όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι στρατηγικές αυτές χωρίστηκαν σε τρία clusters: Very Risky, Risky και Safe. Ο διαχωρισμός αυτός έγινε και πάλι χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο K-Means πάνω στο standard deviation των κερδών της κάθε στρατηγικής. Στο διάγραμμα 6.8 φαίνεται το αποτέλεσμα της ομαδοποίησης αυτής. Τα αποτελέσματα, οι ομάδες στρατηγικών δηλαδή που δημιουργήθηκαν, παρουσιάζονται και με συντομία στον πίνακα 6.2.

Μία πρώτη παρατήρηση που μπορεί να γίνει είναι πως ο διαχωρισμός των στρατηγικών θέσεων πώλησης σε ομάδες με βάση το ρίσκο που ενέχουν είναι αντίστοιχος με τον διαχωρισμό

Safe Στρατηγικές	Risky Στρατηγικές	Very Risky Στρατηγικές
n_weighted_rank1_rank2	n_top_5_rank1	n_all_in
n_linear_1_5_4	n_top_4_rank1	n_top_2_rank1_weighted
n_linear_rank1	n_top_3_rank1	n_top_2_rank1_2_weighted
n_rank1_rank2	n_top_3_rank1_proportional	n_top_3_rank1_weighted
n_against_5	n_top_2_rank1_proportional	
n_difference_1_2_5	n_top_2_rank1	
n_rank1_rank2_rank3	n_top_4_rank1_2_weighted	
n_difference_1_2_5_4		
n_difference_1_5		
negative_benchmark		

Πίνακας 6.2: *Κατηγοριοποίηση των στρατηγικών θέσεων πώλησης βάσει του ρίσκου τους.*



Εικόνα 6.8: *Το αποτέλεσμα της ομαδοποίησης στρατηγικών θέσεων πώλησης με βάση το ρίσκο που ενέχουν.*

στην περίπτωση των στρατηγικών θέσεων αγοράς. Με άλλα λόγια, οι αντίστοιχες μεταξύ τους στρατηγικές θέσεων πώλησης και αγοράς βρίσκονται στα αντίστοιχα clusters. Αυτό, κατά πάσα πιθανότητα, συμβαίνει διότι οι αντίστοιχες μεταξύ τους στρατηγικές επιμερίζουν το επενδυόμενο ποσό σε αντίστοιχο αριθμό περιουσιακών στοιχείων, κάτι που, όπως φάνηκε και στην προηγούμενη υποενότητα, καθορίζει σε πολύ μεγάλο βαθμό το ρίσκο που ενέχουν. Αξίζει ακόμη να σημειωθεί πως, όχι μόνο τα clusters είναι αντίστοιχα, αλλά και το μέσο standard deviation των αποδόσεων γύρω από το οποίο συγκεντρώνονται τα αντίστοιχα clusters είναι αρκετά παρόμοιο.

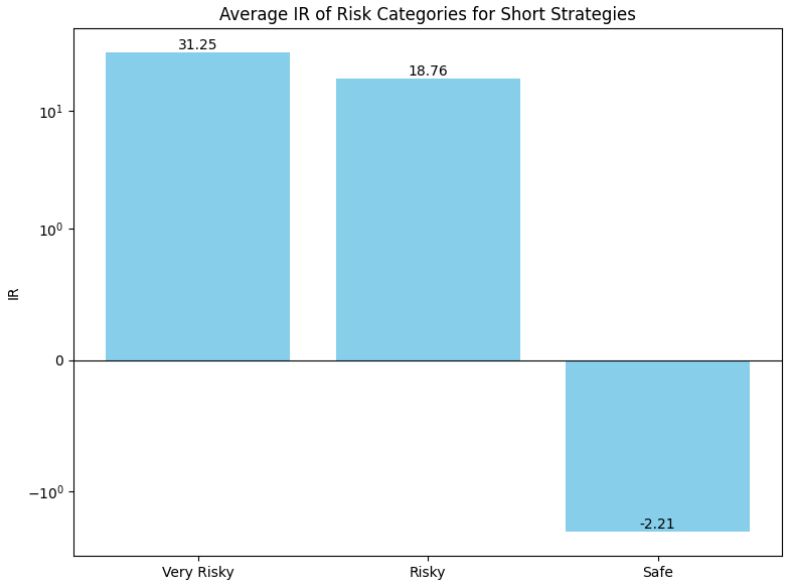
Στο διάγραμμα 6.8, οι στρατηγικές θέσεων πώλησης έχουν τοποθετηθεί πάνω σε ένα ε-

πίπεδο που ορίζεται από τους άξονες κερδών(απόδοσης) και standard deviation αυτών, όπως ακριβώς και στην προηγούμενη υποενότητα. Στο συγκεκριμένο σχήμα παρατηρούμε, επιπλέον του απλοϊκού benchmark της προηγούμενης υποενότητας, και ένα short-positioned benchmark, που δεν είναι άλλο από τον ισόποσο διαμοιρασμό αρνητικών βαρών επενδύσεων σε όλα τα περιουσιακά στοιχεία. Παρατηρούμε πως τα δύο benchmarks έχουν ίδια τυπική απόκλιση κερδών, όπως εξάλλου αναμενόταν, αλλά και πολύ κοντινά κέρδη. Τα δύο benchmarks χωρίζουν το επίπεδο σε τέσσερα τεταρτημόρια, όπως έχει αναλυθεί και προηγουμένως, με το πάνω αριστερά να είναι το προτιμότερο, καθώς έχει υψηλότερα κέρδη από τα benchmarks με χαμηλότερο όμως ρίσκο. Το κάτω δεξιά τεταρτημόριο είναι το λιγότερο προτιμητέο, λόγω των χαμηλότερων κερδών και του υψηλότερου ρίσκου, ενώ τα δύο άλλα τεταρτημόρια συμβιβάζουν ένα από τα δύο κριτήρια για την βελτίωση του άλλου.

Στην περίπτωση των στρατηγικών θέσεων πώλησης, παρατηρούμε πως το διάγραμμα 6.8 αποτελεί σε έναν μεγάλο βαθμό κατοπτρισμό του αντίστοιχου διαγράμματος για τις στρατηγικές θέσεων αγοράς. Πιο αναλυτικά, η συντριπτική πλειοψηφία των στρατηγικών θέσεων πώλησης φαίνεται να συγκεντρώνεται στο πάνω δεξιά τεταρτημόριο, σε αντίθεση με τις στρατηγικές θέσεων αγοράς που οι περισσότερες συγκεντρώνονταν στο κάτω δεξιά τεταρτημόριο. Οι Very Risky έχουν προφανώς τη μεγαλύτερη τυπική απόκλιση κερδών αλλά και τα υψηλότερα κέρδη, σε αντίθεση με τις Very Risky στρατηγικές της προηγούμενης υποενότητας, οι οποίες είχαν πολύ χαμηλά κέρδη με το ίδιο όμως ρίσκο. Αντίστοιχες παρατηρήσεις μπορούν να εξαχθούν και για τις Risky στρατηγικές θέσεων πώλησης, οι οποίες ακολουθούν με χαμηλότερα returns αλλά και χαμηλότερο ρίσκο, ενώ εξακολουθούν όμως να βρίσκονται στο πάνω δεξιά τεταρτημόριο. Τέλος, ως προς τις Safe στρατηγικές, και σε αυτή την περίπτωση μπορεί κανείς να παρατηρήσει πως συγκεντρώνονται γύρω από τα benchmarks,όπως ακριβώς και οι αντίστοιχες στρατηγικές θέσεων αγοράς.

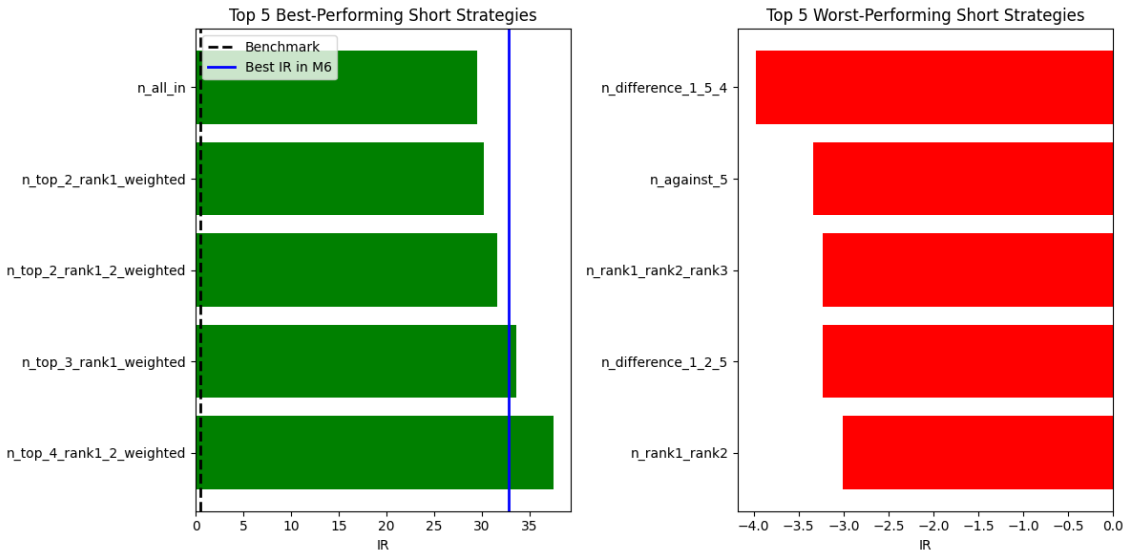
Ο κατοπτρισμός ως προς τον άξονα των τυπικών αποκλίσεων κερδών που παρατηρείται μπορεί να εξηγηθεί αν λάβει κανείς υπόψιν πως κατά τη διάρκεια του υπό εξέταση έτους οι αγορές ήταν καθαρά πτωτικές. Συνεπώς,η επιλογή στρατηγικών θέσεων πώλησης θα επιφέρει πιθανότατα καλύτερες αποδόσεις. Δεδομένου μάλιστα του γεγονότος ότι χρησιμοποιούνται αξιόπιστες προβλέψεις, ο εντοπισμός των μετοχών που αναμένεται να έχουν την χειρότερη απόδοση και η αξιοποίηση τους φαίνεται να είναι αρκετά προσοδοφόρα. Φυσικά, όσο μεγαλύτερα είναι τα επιδιωκώμενα κέρδη, τόσο μεγαλύτερη έκθεση στον κίνδυνο απαιτείται, κάτι που επιβεβαιώνεται στη συγκεκριμένη περίπτωση.

Οι παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την παραπάνω ανάλυση μπορούν να επιβεβαιωθούν και από το διάγραμμα 6.9, όπου παρουσιάζεται το μέσο IR κάθε ομάδας στρατηγικών θέσεων πώλησης. Όπως είχε γίνει ήδη αντιληπτό από το προηγούμενο διάγραμμα, οι Risky και οι Very Risky στρατηγικές έχουν πολύ υψηλό IR, ενώ αρκετά χειρότερα αποτελέσματα παρατηρούμε στις safe στρατηγικές, σε πλήρη αντιδιαστολή με ό,τι είχε παρατηρηθεί στην προηγούμενη ενότητα κατά την ανάλυση των στρατηγικών θέσεων αγοράς. Παρατηρούμε μάλιστα ότι οι Safe στρατηγικές έχουν κατά μέσο όρο αρνητικό IR.Αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί αν λάβει κανείς υπόψη το γεγονός πως αυτού του είδους οι στρατηγικές επιχειρούν σε μεγάλο βαθμό να αντισταθμίσουν το υψηλό ρίσκο επιχειρώντας να αποφύγουν μετοχές οι οποίες προβλέπεται να αυξηθούν πολύ, μιας και μιλάμε για στρατηγικές θέσεων πώλησης. Ωστόσο, σε πτωτικές αγορές, καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολο να εντοπίζει κανείς



Εικόνα 6.9: *Το μέσο IR των διαφόρων ομάδων στρατηγικών θέσεων πώλησης.*

με συνέπεια μετοχές με προβλεπόμενη άνοδο στην χρηματιστηριακή τιμή τους. Αν και χρησιμοποιούμε, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, τις καλύτερες προβλέψεις που προέκυψαν από τον διαγωνισμό M6, η τάση των αγορών για πτώση είναι τέτοια που η εκμετάλλευση των προβλέψεων ανόδου των τιμών καθίσταται πολύ δύσκολη.

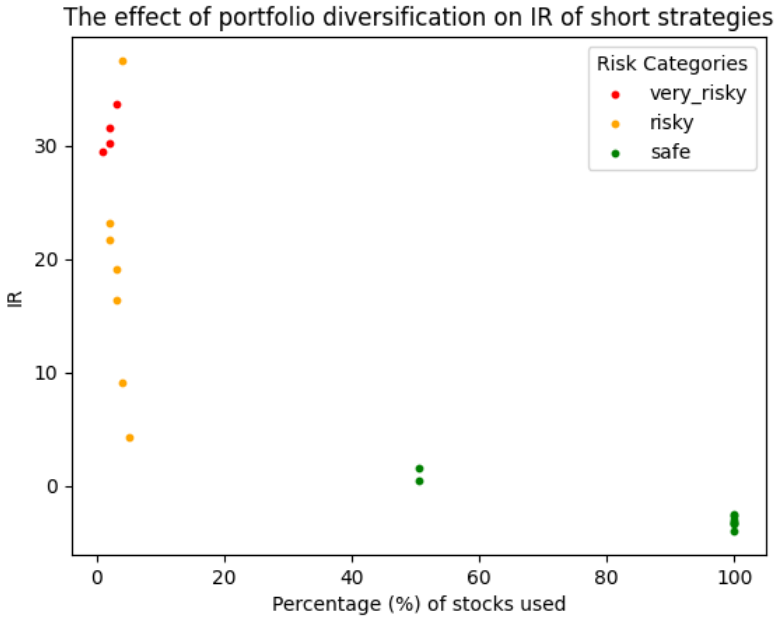


Εικόνα 6.10: *Οι καλύτερες και οι χειρότερες στρατηγικές θέσεων πώλησης με βάση το IR τους.*

Συμπληρώνοντας τα αποτελέσματα από το διάγραμμα 6.9, στο διάγραμμα 6.10 παρουσιάζονται οι καλύτερες και οι χειρότερες στρατηγικές θέσεων πώλησης, καθώς και τα IR που πέτυχαν. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, υπάρχει πληθώρα στρατηγικών (Very Risky και Risky όπως διαπιστώθηκε και παραπάνω) οι οποίες καταφέρνουν να εκμεταλλευτούν στο έπακρο τις πτωτικές αγορές που παρατηρούνται. Μάλιστα, κατασκευάστηκαν και δύο στρατηγικές οι οποίες κατάφεραν να ξεπεράσουν ακόμα και το καλύτερο χαρτοφυλάκιο που δημιουργήθηκε

στο πλαίσιο του διαγωνισμού. Πιο συγκεκριμένα, οι στρατηγικές αυτές είναι οι n_top_-4rank1_2_weighted και n_top_3_rank1_weighted, οι οποίες εντοπίζουν λίγες μετοχές (3 ή 4) των οποίων η χρηματιστηριακή τιμή προβλέπεται να πέσει και επενδύουν ενάντιά τους.

Παράλληλα παρατηρούμε πως πολλές από τις Safe στρατηγικές δίνουν χαμηλά (αρνητικά) IR. Επιβεβαιώνεται αυτό που αναφέρθηκε προηγουμένως, πως στρατηγικές, οι οποίες επιχειρούν να εντοπίσουν μετοχές των οποίων η τιμή θα ανέβει έτσι ώστε να τις αποφύγουν δεν κρίνονται αποτελεσματικές σε αυτή την περίπτωση (n_difference_1_5_4, n_against_5, n_difference_1_2_5). Ωστόσο παρατηρούμε πως και στρατηγικές οι οποίες εκμεταλλεύονται αποκλειστικά μετοχές οι οποίες προβλέπεται να πέσουν (n_rank1_rank2, n_rank1_-rank2_rank3) έχουν επίσης αρνητικό IR. Αυτό θα μπορούσε να σημαίνει πως ακόμα και σε μία πτωτική αγορά σαν και αυτή, είναι δύσκολο να εξαχθούν σήματα που προειδοποιούν με συνέπεια για πτώση ενός μεγαλύτερου εύρους περιουσιακών στοιχείων. Συνεπώς, η χρήση λιγότερων μετοχών στην κατασκευή χαρτοφυλακίων θέσεων πώλησης, ιδιαιτέρως εν μέσω πτωτικών αγορών, φαίνεται να αποδίδει καλύτερα καθώς χρησιμοποιούνται μόνο μετοχές για τις οποίες κανείς μπορεί να είναι πιο βέβαιος, σε βάθος χρόνου, πως θα υποτιμηθούν. Αυτό φυσικά δεν σημαίνει πως αυτού του είδους οι στρατηγικές δεν ενέχουν πολύ μεγάλο ρίσκο, όπως θα εξηγηθεί παρακάτω.



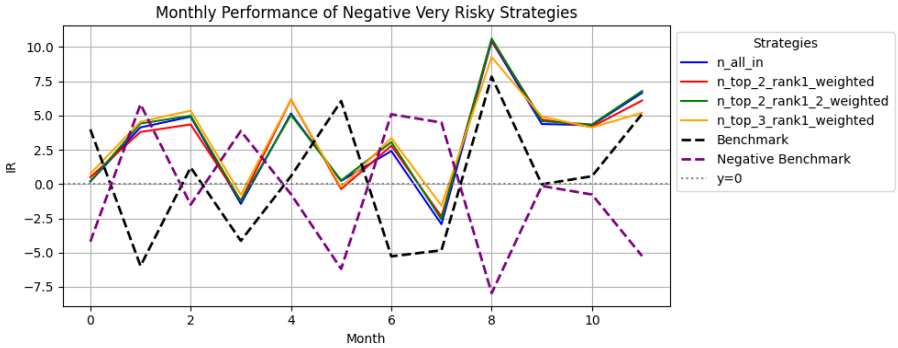
Εικόνα 6.11: *Η επίδραση της διαφοροποίησης στο IR των στρατηγικών θέσεων πώλησης.*

Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 6.11, τέτοιου είδους στρατηγικές φαίνεται να έχουν ως αποτέλεσμα IR που λαμβάνει τιμές από 5 μέχρι και 35. Ωστόσο, πρόκειται μόνο για θετικές τιμές, κάτι που δίνει τουλάχιστον τη βεβαιότητα κέρδους.

Πιο αναλυτικά, στο διάγραμμα 6.11 παρατηρούμε την επίδραση που έχει ο αριθμός χρησιμοποιούμενων περιουσιακών στοιχείων στο IR του χαρτοφυλακίου. Για άλλη μία φορά παρατηρούμε πως το συγκεκριμένο διάγραμμα αποτελεί κατοπτρισμό του αντίστοιχου διαγράμματος για τις στρατηγικές θέσεων αγοράς. Παρατηρούμε πως η χρήση περισσότερων περιουσιακών στοιχείων δίνει πιο σταθερά αποτελέσματα. Ωστόσο, λόγω έντονα πτωτικών αγορών, όπως

έχει ήδη αναλυθεί, οι στρατηγικές που χρησιμοποιούν στοχευμένα λίγα περιουσιακά στοιχεία φέρουν σημαντικά κέρδη, αν και η έκταση αυτών των κερδών ποικίλει πολύ, από στρατηγική σε στρατηγική.

Συνεχίζοντας την ανάλυση μας κατά αναλογία με την ανάλυση που προηγήθηκε για τις στρατηγικές θέσεων αγοράς, εξετάζουμε την σταθερότητα, καθόλη τη διάρκεια του χρόνου, των αποτελεσμάτων των εν λόγω στρατηγικών. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, δεν θα ήταν επιθυμητό μία στρατηγική με υψηλό IR, από αυτές που διαπιστώσαμε πως φέρνουν σημαντικά έσοδα στα προηγούμενα τρία διαγράμματα να οφείλει τα καλά της αποτελέσματα σε έναν μόνο πολύ προσοδοφόρο μήνα, καθώς κάτι τέτοιο θα μπορούσε να θεωρηθεί και εκμετάλλευση ενός τυχαίου outlier.



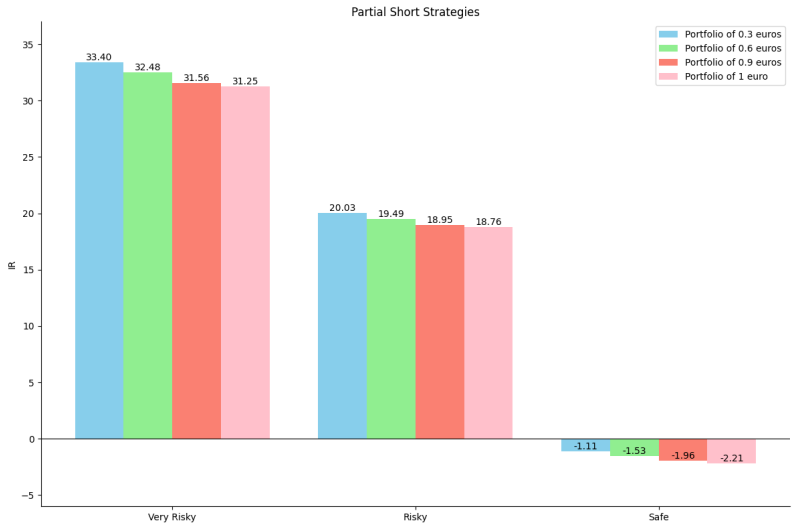
(α′) *Η μηνιαία επίδοση των very risky στρατηγικών θέσεων πώλησης.*

(β′) *Η μηνιαία επίδοση των safe στρατηγικών θέσεων πώλησης.*

Εικόνα 6.12: *Σύγκριση μεταξύ των μηνιαίων επιδόσεων safe και very risky στρατηγικών θέσεων πώλησης.*

Στο διάγραμμα 6.12 παρουσιάζονται τα μηνιαία αποτελέσματα των very risky και safe στρατηγικών θέσεων αγοράς. Παράλληλα, φαίνονται και οι μηνιαίες επιδόσεις των δύο benchmarks που χρησιμοποιούνται (θέσεων αγοράς και πώλησης). Στην πρώτη περίπτωση παρατηρούμε πως οι very risky στρατηγικές πετυχαίνουν θετικό IR σε δέκα από τους συνολικά δώδεκα μήνες που εξετάζονται, κάτι που τις καθιστά αξιόπιστες υπό αυτή την οπτική γωνία. Από την άλλη, οι safe στρατηγικές πετυχαίνουν θετικό IR σε 4 διαφορετικούς μήνες. Ένα ακόμη συμπέρασμα που προκύπτει από το παρόν διάγραμμα, είναι και η ταύτιση των safe στρατηγικών με το benchmark θέσεων πώλησης σε πολύ μεγάλο βαθμό, καθόλη τη διάρκεια του χρόνου. Αυτή η παρατήρηση είναι σε πλήρη αντιστοιχία με την παρατήρηση που προέκυψε κατά την ανάλυση των αντίστοιχων μηνιαίων αποτελεσμάτων των στρατηγικών θέσεων αγοράς. Σε

εκείνη την περίπτωση, οι αντίστοιχες safe στρατηγικές ταυτίζονταν με το benchmark θέσεων αγοράς. Τέλος, μία ακόμη ενδιαφέρουσα παρατήρηση που προκύπτει από το διάγραμμα 6.12 είναι η συμμετρία μεταξύ των μηνιαίων αποδόσεων των δύο benchmark. Με άλλα λόγια, κάθε μήνα υπάρχει πάντα ένα benchmark, είτε θέσεων αγοράς είτε πώλησης, το οποίο φέρει έσοδα. Αυτή η παρατήρηση είναι πολύ ενδιαφέρουσα καθώς σημαίνει πως αν κανείς έβρισκε έναν συστηματικό τρόπο να προβλέπει ποια από τις δύο στρατηγικές θα έχει κάθε μήνα θετικό IR, τότε θα μπορούσε να κατασκευαστεί μία αρκετά σταθερή, προσοδοφόρα στρατηγική κατασκευής χαρτοφυλακίου, προοπτική ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα,κυρίως κατά την κατασκευή μικτών στρατηγικών (ακολουθούν στην επόμενη υποενότητα). Αν ακόμα κανείς συνυπολογίσει και το γεγονός πως η παρούσα ερευνητική προσπάθεια έχει καταγράψει την τάση των safe στρατηγικών να ακολουθούν τα benchmarks, ενώ πολλές από αυτές δίνουν υψηλότερα IR από τα αντίστοιχά τους benchmark, τότε γίνεται αντιληπτό πως υπάρχει ευκαιρία περεταίρω αύξησης των εσόδων.



Εικόνα 6.13: *Η επίδραση του μεγέθους της επένδυσης στην απόδοση του χαρτοφυλακίου θέσεων πώλησης.*

Τέλος,για λόγους πληρότητας εξετάστηκε, όπως και στην προηγούμενη υποενότητα, και η επένδυση μικρότερου κεφαλαίου χρησιμοποιώντας τις στρατηγικές θέσεων πώλησης. Όπως φαίνεται λοιπόν και στο διάγραμμα 6.13, όσο μικρότερο το συνολικό μέγεθος της επένδυσης, τόσο υψηλότερο το IR του χαρτοφυλακίου. Μελετήθηκε η επένδυση από -1 έως και -0.3 ευρώ,δηλαδή όλο το εύρος τιμών που επιτρεπόταν από τον διαγωνισμό M6, με τα αποτελέσματα να επιβεβαιώνουν τα αναμενόμενα.

6.3 Αποτελέσματα από την χρήση μικτών στρατηγικών

Όπως παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, το επόμενο βήμα που ακολουθήθηκε στην παρούσα έρευνα μετά την δημιουργία και ανάλυση στρατηγικών θέσεων αγοράς και πώλησης, ήταν η κατασκευή μικτών στρατηγικών που χρησιμοποιούν τόσο θέσεις αγοράς όσο και θέσεις πώλησης. Πιο συγκεκριμένα, όπως έχει παρουσιασθεί και προηγουμένως, χρησιμοποιούμε τις πιθανοτικές προβλέψεις για κάθε περιουσιακό στοιχείο και τις αντίστοιχες αποφάσεις που παράγονται τόσο από τις στρατηγικές πώλησης όσο και αγοράς. Για κάθε περιουσιακό στοιχείο, εάν το άθροισμα των πιθανοτήτων για Rank1 και Rank2 υπερβαίνει το άθροισμα των πιθανοτήτων για Rank4 και Rank5, υποδεικνύοντας μεγαλύτερο κίνδυνο πτώσης από ό,τι δυνατότητα ανάπτυξης, επιλέγουμε την απόφαση πώλησης (short position) (προκύπτει από την αντίστοιχη στρατηγική) για το εν λόγω περιουσιακό στοιχείο. Διαφορετικά, εφαρμόζουμε την απόφαση αγοράς (long position).

Ακολουθήθηκαν δύο διαφορετικές μεθοδολογίες για την επιλογή των στρατηγικών θέσεων απόφασης και αγοράς που θα συμμετάσχουν στην κατασκευή της μικτής στρατηγικής. Αρχικά συνδυάστηκαν μόνο αντίστοιχες στρατηγικές, ενώ έπειτα συνδυάστηκαν και στρατηγικές που δεν αντιστοιχούν η μία στην άλλη, αλλά φάνηκε πως ήταν οι καλύτερες κατά τους πρώτους 3 μήνες του χρόνου. Παρακάτω ακολουθεί η ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την αξιολόγηση όλων των μικτών στρατηγικών που κατασκευάστηκαν, με τον έναν ή τον άλλο τρόπο.

6.3.1 Μίξη αντίστοιχων στρατηγικών θέσεων αγοράς και πώλησης

Το πρώτο βήμα που ακολουθήθηκε μετά την δημιουργία των μικτών στρατηγικών που προέκυψαν από τις δύο αντίστοιχες των δύο κατηγοριών ήταν, και πάλι, ο χωρισμός τους σε clusters με βάση το ρίσκο που ενέχουν. Για άλλη μία φορά αυτό έγινε με τη χρήση του αλγορίθμου K-Means πάνω στην τυπική απόκλιση των κερδών των στρατηγικών και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στο διάγραμμα 6.1, ενώ κανείς μπορεί να παρατηρήσει με συντομία τα clusters και στον πίνακα 6.3.

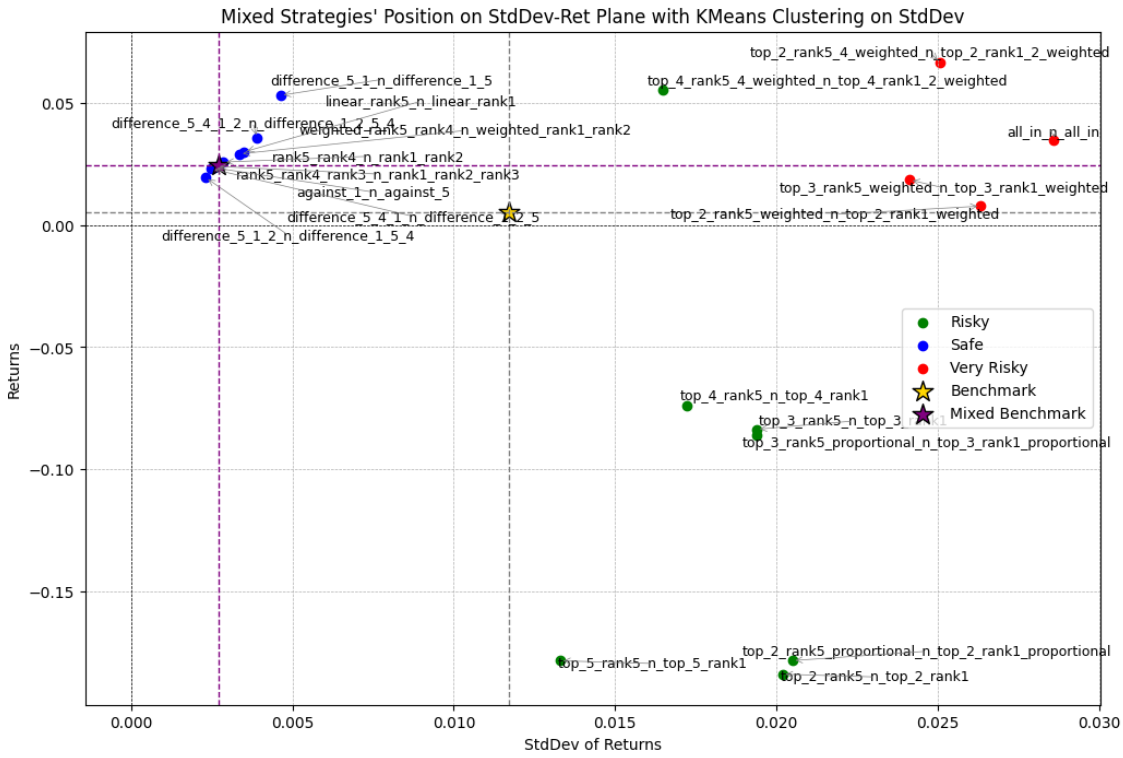
Η πρώτη πολύ ενδιαφέρουσα παρατήρηση που προκύπτει είναι πως τα clusters που κατασκευάστηκαν από τον αλγόριθμο K-Means σε αυτή την περίπτωση μικτών στρατηγικών αντιστοιχούν πλήρως με τα clusters που είχαν δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας στρατηγικές θέσεων αγοράς όπως και με τα clusters που είχαν δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας στρατηγικές θέσεων πώλησης. Με άλλα λόγια, οι στρατηγικές που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή κάθε μικτής στρατηγικής ανήκαν στα ίδια clusters και στις προηγούμενες ομαδοποιήσεις που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες υποενότητες.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν και τα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν από το διάγραμμα 6.1, όπου παρουσιάζονται οι προαναφερθείσες στρατηγικές πάνω στο επίπεδο returns - std deviation of returns. Για άλλη μία φορά, χωρίζουμε το επίπεδο σε τέσσερα τεταρτημόρια, με βάση τη θέση του benchmark.

Παρατηρούμε πως οι Very Risky και Risky στρατηγικές μοιράζονται στα πάνω δεξιά και κάτω δεξιά τεταρτημόρια. Συγκρίνοντας αυτά τα αποτελέσματα με αυτά της προηγούμενης υποενότητας (στρατηγικές θέσεων πώλησης), μπορούμε να αντιληφθούμε εποπτικά πως η μίξη

Safe Μικτές Στρατηγικές	rank5_rank4_n_rank1_rank2 difference_5_1_2_n_difference_1_5_4 linear_rank5_n_linear_rank1 rank5_rank4_n_rank1_rank2 against_1_n_against_5 difference_5_4_1_n_difference_1_2_5 rank5_rank4_rank3_n_rank1_rank2_rank3 difference_5_4_1_2_n_difference_1_2_5_4 difference_5_1_n_difference_1_5
Risky Μικτές Στρατηγικές	top_4_rank5_4_n_top_4_rank1_2 top_2_rank5_proportional_n_top_2_rank1_proportional top_2_rank5_n_top_2_rank1 top_3_rank5_proportional_n_top_3_rank1_proportional top_3_rank5_n_top_3_rank1 top_4_rank5_n_top_4_rank1 top_5_rank5_n_top_5_rank1
Very Risky Μικτές Στρατηγικές	all_in_n_all_in top_2_rank5_weighted_n_top_2_rank1_weighted top_2_rank5_4_weighted_n_top_2_rank1_2_weighted top_3_rank5_weighted_n_top_3_rank1_weighted

Πίνακας 6.3: *Κατηγοριοποίηση των μικτών στρατηγικών με βάση το ρίσκο που φέρουν*

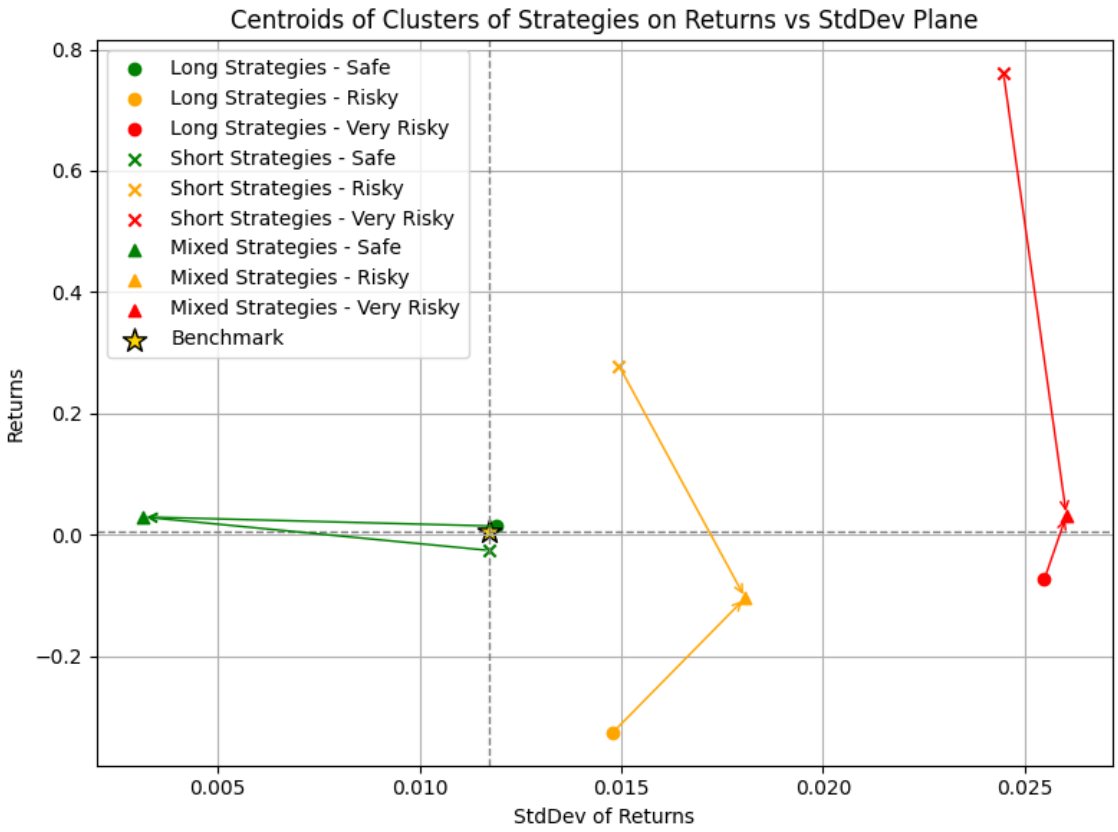


Σχήμα 6.1: *Το αποτέλεσμα της ομαδοποίησης μικτών στρατηγικών με βάση το ρίσκο που ενέχουν.*

στρατηγικών στις κατηγορίες Very Risky και Risky δεν βελτιώνουν το ήδη υψηλό IR πολλών στρατηγικών θέσεων πώλησης με υψηλό ρίσκο.Σε κάποιες μικτές στρατηγικές, ιδιαίτερα σε αυτές που βρίσκονται στο άνω δεξιά τεταρτημόριο, παρατηρούμε πως εξακολουθούν να έχουν σχετικά καλά αποτελέσματα, καθώς βασίζονται στις αντίστοιχες στρατηγικές θέσεων πώλησης, όμως δεν φαίνεται να είναι ιδιαίτερα καλύτερες. Στα επόμενα διαγράμματα ακολουθεί περεταίρω εμβάθυνση στις μικτές στρατηγικές που μελετάμε.

Παράλληλα, πολύ μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι Safe μικτές στρατηγικές, καθώς είναι η πρώτη ομάδα στρατηγικών που παρατηρούμε στην παρούσα έρευνα να βρίσκεται τόσο ξεκάθαρα στο άνω αριστερά τεταρτημόριο. Υπενθυμίζεται πως αυτό το τεταρτημόριο είναι το προτιμότερο εκ των τεσσάρων, καθώς όχι μόνο οι στρατηγικές φέρουν υψηλότερα κέρδη από το benchmark, αλλά προσφέρουν και πολύ χαμηλότερο ρίσκο, πράγμα ιδιαίτερα εντυπωσιακό αν αναλογιστεί κανείς πως το benchmark μοιράζει ίση επένδυση σε όλα τα περιουσιακά στοιχεία, άρα κανείς θα περίμενε πως είναι από τις πιο ασφαλείς στρατηγικές λόγω διαφοροποίησης. (diversification).

Τέλος, μία ακόμη πολύ ενδιαφέρουσα παρατήρηση είναι πως το mixed benchmark, δηλαδή η στρατηγική που προκύπτει από την μίξη των benchmark θέσεων πώλησης και αγοράς, τοποθετείται και αυτό στο άνω αριστερά τεταρτημόριο. Μάλιστα, οι Safe μικτές στρατηγικές συγκεντρώνονται γύρω από το μικτό benchmark, κάτι που έρχεται σε πλήρη αντιστοιχία με παρόμοια συμπεράσματα από την ανάλυση στρατηγικών θέσεων πώλησης και αγοράς.



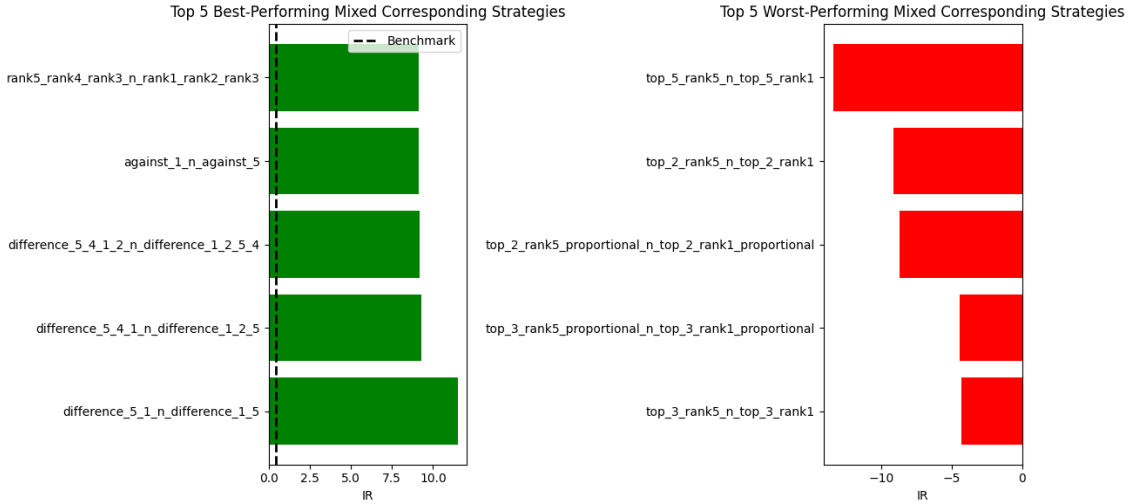
Σχήμα 6.2: *Τα κεντροειδή όλων των προαναφερθέντων ομάδων στρατηγικών στο επίπεδο αποδοχών - τυπικής απόκλισης αποδοχών.*

Η παραπάνω ανάλυση συμπληρώνεται από το διάγραμμα 6.2, το οποίο συνοψίζει τις πληροφορίες που έχουμε εξάγει μέχρι τώρα για τα διάφορα clusters στρατηγικών. Πιο συγκεκριμένα, στο εν λόγω διάγραμμα παρουσιάζονται τα κεντροειδή όλων των clusters πάνω στο επίπεδο returns - std deviation of returns. Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην επίδραση που έχει η κατασκευή μικτών στρατηγικών τόσο στα κέρδη όσο και στο ρίσκο που ενέχει το κάθε cluster στρατηγικών κατά μέσο όρο.

Όπως λοιπόν γίνεται αντιληπτό, στην περίπτωση των Very Risky, Risky στρατηγικών, οι

μικτές στρατηγικές φέρουν υψηλότερα κέρδη από τις αντίστοιχες στρατηγικές θέσεων αγοράς, κάτι το οποίο όμως συμβαίνει λόγω της επίδρασης των στρατηγικών θέσεων πώλησης.Οι μικτές Very Risky, Risky στρατηγικές έχουν χαμηλότερο κέρδος από τις αντίστοιχες στρατηγικές θέσεων πώλησης, ενώ φαίνεται να ενέχουν και υψηλότερο ρίσκο. Συνεπώς κανείς μπορεί να αντιληφθεί πως η μίξη αυτού του είδους στρατηγικών δεν έχει κάποιο νόημα στις πτωτικές αγορές που παρατηρούνται στον υπό εξέταση χρόνο.

Από την άλλη πλευρά, πολύ ενδιαφέροντα συμπεράσματα φαίνεται να εξάγονται από την κατασκευή των Safe μικτών στρατηγικών. Πιο συγκεκριμένα, οι συγκεκριμένες μικτές στρατηγικές έχουν κατά μέσο όρο υψηλότερα κέρδη από τις αντίστοιχες στρατηγικές θέσεων πώλησης αλλά και αγοράς, ενώ φέρουν μακράν πολύ χαμηλότερο ρίσκο. Συνεπώς, η κατασκευή μικτών στρατηγικών από τα συγκεκριμένα clusters φαίνεται να έχει ιδιαίτερο νόημα και να είναι αρκετά προσοδοφόρα. Αυτή η επιτυχία παρουσιάζεται και στο διάγραμμα 6.14.

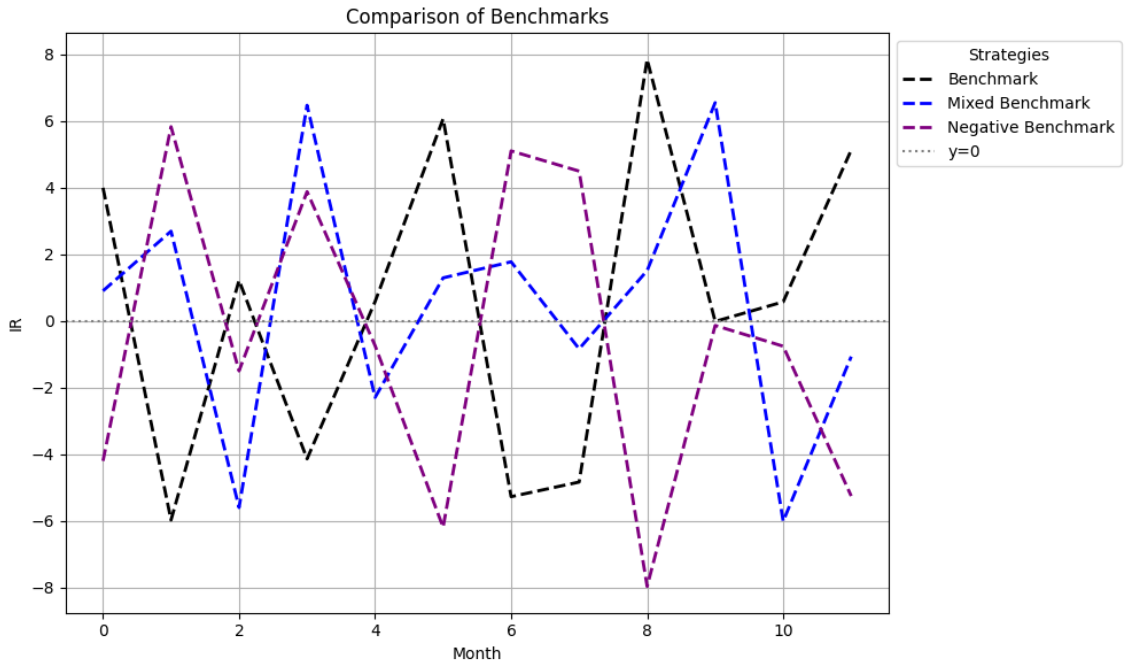


Εικόνα 6.14: *Οι καλύτερες και οι χειρότερες μικτές στρατηγικές με βάση το IR τους.*

Όπως παρατηρούμε, οι Safe στρατηγικές προσφέρουν πολύ υψηλά IR. Το παραπάνω συμπέρασμα αποκτά ιδιαίτερη βαρύτητα αν σκεφτεί κανείς την καθολικότητα της εφαρμοσιμότητας τέτοιου είδους στρατηγικών. Πράγματι, οι Safe στρατηγικές θα είχε λογική να εφαρμοστούν από κάποιον είτε παρατηρούνται πτωτικές αγορές, είτε ανοδικές, με κοινό γμώμονα την επιθυμία για αποφυγή ρίσκου. Οι Safe μικτές στρατηγικές δεν εκμεταλλεύονται κάποιο ιδιαίτερο γνώρισμα της αγοράς (π.χ. οι Very Risky στρατηγικές εκμεταλλεύονται την τάση για πτώση που έχουν οι αγορές τον συγκεκριμένο χρόνο), κάτι που μας δίνει το δικαίωμα να πιστεύουμε πως θα μπορούσαν πιθανώς να εφαρμοστούν με αντίστοιχη επιτυχία και σε άλλα στιγμιότυπα της αγοράς. Φυσικά, σε συνέχεια του προηγούμενου διαγράμματος, παρατηρούμε και στο διάγραμμα 6.14 πως πολλές από τις Very Risky, Risky στρατηγικές έχουν πολύ χαμηλό IR.

Τέλος, όπως έχει αναφερθεί ξανά, οι Safe στρατηγικές φαίνεται να ακολουθούν την συμπεριφορά των αντίστοιχων benchmarks, δηλαδή οι long safe ακολουθούν τη συμπεριφορά του long benchmark, οι short safe ακολουθούν τη συμπεριφορά του short benchmark και οι mixed safe ακολουθούν τη συμπεριφορά του mixed benchmark. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενη υποενότητα, τα long, short benchmarks είναι συμμετρικά μεταξύ τους, δηλαδή κάθε μήνα ένα εξ αυτών θα είναι θετικό και το άλλο αντιστοίχως αρνητικό. Αυτό ενδεχομένως

σημαίνει πως εάν κανείς μπορούσε να προβλέψει σε κάθε μήνα ποιά από τις δύο στρατηγικές θα απέδιδε καλύτερα, τότε θα μπορούσε να κατασκευάσει μία άκρως προσοδοφόρα και σταθερή στρατηγική. Ευλόγως γεννάται το ερώτημα, σε τι βαθμό η νοοτροπία που ακολουθείται για την κατασκευή των μικτών στρατηγικών καταφέρνει να κάνει κάτι τέτοιο, δεδομένων και των καλών αποτελεσμάτων των Safe μικτών στρατηγικών αλλά και του μικτού benchmark. Την ερώτηση αυτή απαντά το διάγραμμα 6.15.



Εικόνα 6.15: *Η απόδοση των διαφόρων benchmarks καθόλη τη διάρκεια του υπό εξέταση χρόνου.*

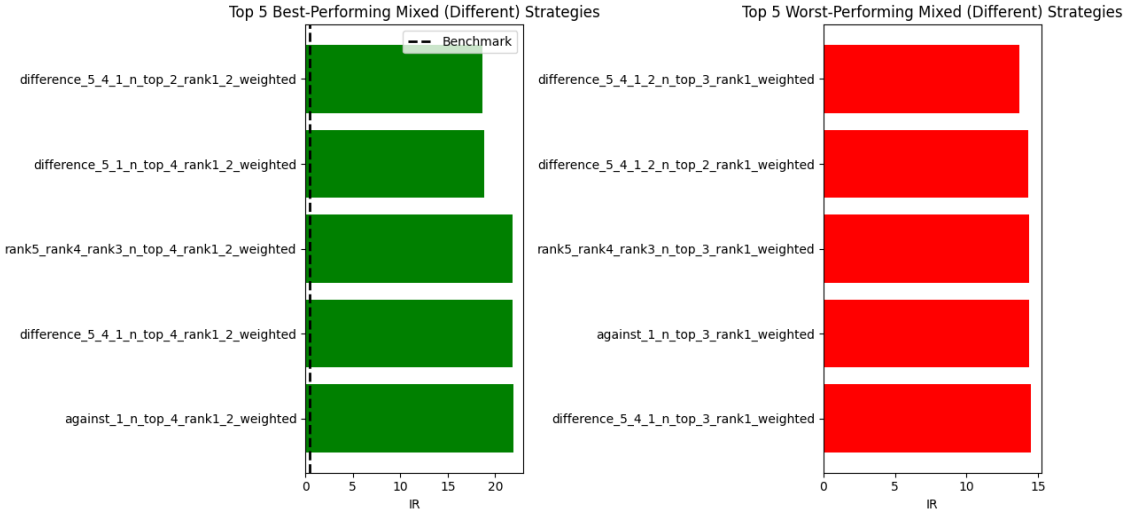
Όπως γίνεται αντιληπτό, μπορεί το μικτό benchmark να έχει πολύ καλύτερο IR από τα άλλα δύο, ωστόσο δεν καταφέρνει να 'διαλέγει' κάθε μήνα ποιο από τα δύο πρέπει να ακολουθήσει, ενώ μόνο σε δύο μήνες καταφέρνει να είναι καλύτερο και από τα δύο. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στο ότι ο τρόπος με τον οποίο κατασκευάζονται οι μικτές στρατηγικές εστιάζει σε κάθε περιουσιακό στοιχείο και δεν υιοθετεί μία ενιαία στρατηγική για όλα τα περιουσιακά στοιχεία κάθε μήνα.

6.3.2 Μίξη μη-αντίστοιχων στρατηγικών θέσεων αγοράς και πώλησης

Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, αφού συνδυάστηκαν αντίστοιχες στρατηγικές μόνο (όπως παρουσιάστηκε στην αμέσως προηγούμενη υποενότητα), έπειτα συνδυάστηκαν και στρατηγικές που δεν αντιστοιχούν η μία στην άλλη, αλλά φάνηκε πως ήταν οι καλύτερες κατά τους πρώτους 3 μήνες του χρόνου. Παρακάτω ακολουθεί η ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από αυτή την δεύτερη μεθοδολογία.

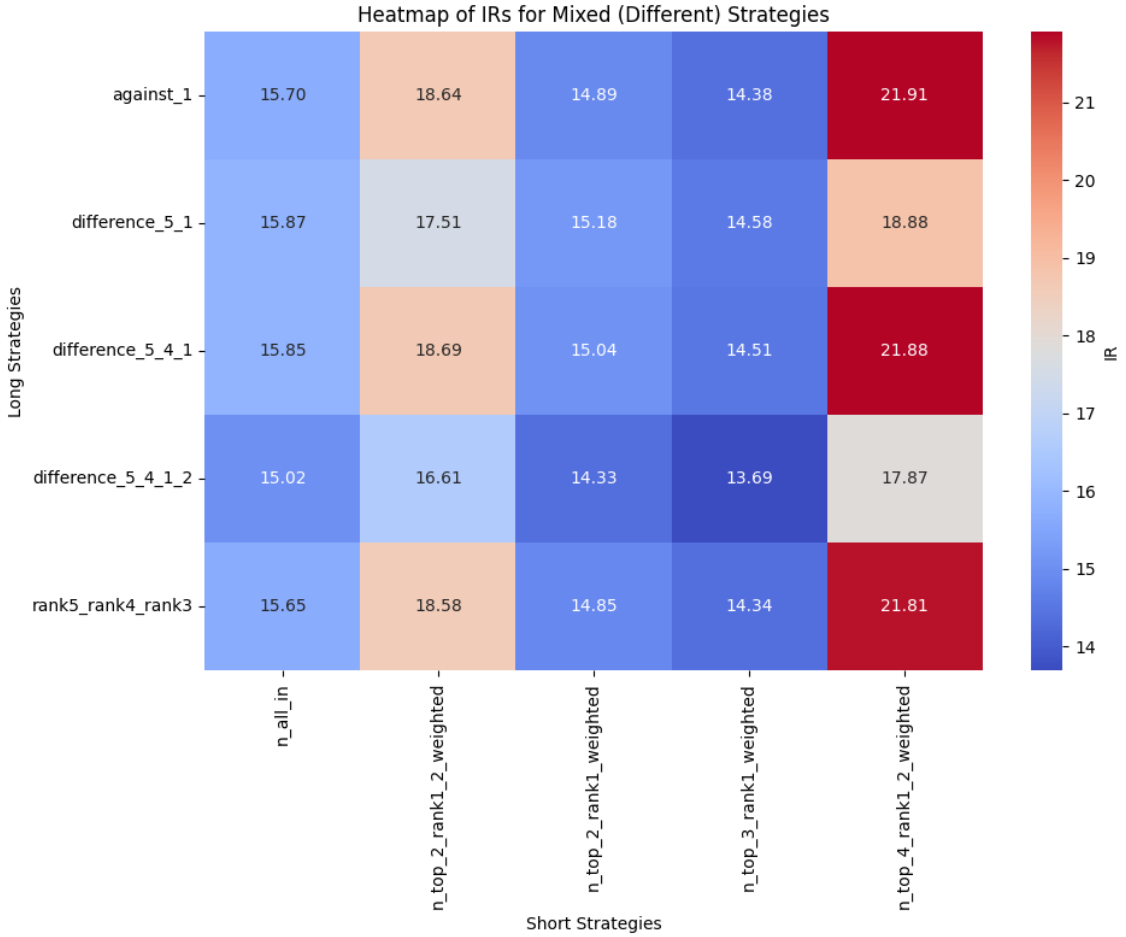
Οι καλύτερες αλλά και οι χειρότερες στρατηγικές που προέκυψαν από αυτή τη διαδικασία παρουσιάζονται στο διάγραμμα 6.16.

Με μία πρώτη ματιά μπορεί κανείς να αντιληφθεί πως πρόκειται για πολύ υψηλά αποτε-



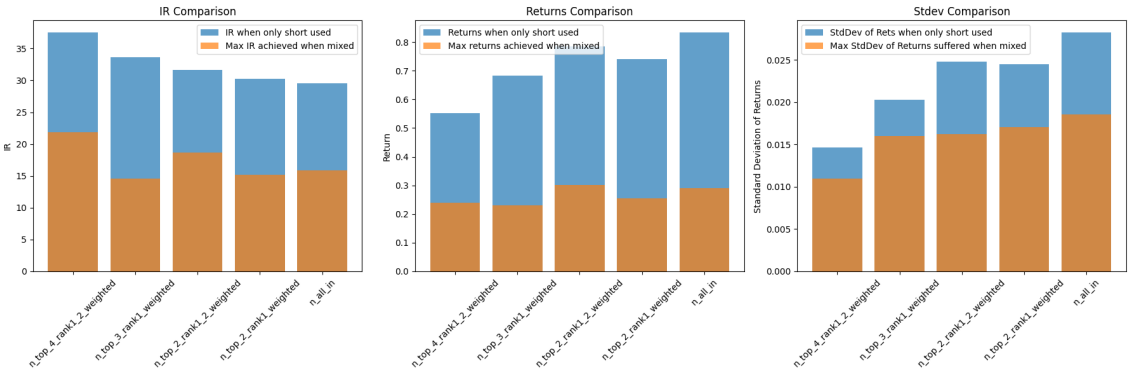
Εικόνα 6.16: *Η απόδοση των καλύτερων και χειρότερων στρατηγικών που προέκυψαν από την διαδικασία μίξης μη αντίστοιχων στρατηγικών.*

λέσματα IR. Φαίνεται πως ακόμα και οι χειρότερες από τις στρατηγικές αυτής της κατηγορίας καταφέρνουν να πετύχουν IR άνω του 10.



Εικόνα 6.17: *Η απόδοση όλων των στρατηγικών που προέκυψαν από την διαδικασία μίξης μη αντίστοιχων στρατηγικών, παρουσιαζόμενες σε heatmap.*

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 6.17, και όπως αναμενόταν από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες υποενότητες, οι καλύτερες στρατηγικές των τριών πρώτων μηνών, που χρησιμοποιήθηκαν και στις εν λόγω μίξεις, ήταν οι Very Risky από πλευράς στρατηγικών θέσεων πώλησης και οι Safe από πλευράς στρατηγικών θέσεων αγοράς. Όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί (25 στο σύνολο) από τη μίξη των 5 καλύτερων και 5 χειρότερων στρατηγικών από την κάθε κατηγορία φαίνονται στο διάγραμμα 6.17. Κανείς μπορεί να παρατηρήσει με ευκολία πως τα αποτελέσματα των στρατηγικών αυτών μπορούν να ομαδοποιηθούν πολύ ξεκάθαρα κατά στήλη. Για παράδειγμα, η πέμπτη στήλη, η οποία αντιστοιχεί στους διάφορους συνδυασμούς που περιέχουν στο μείγμα στρατηγικών την n_top_4_rank1_2_weighted συγκεντρώνει πολύ υψηλά IR. Αυτό φυσικά εξηγείται αν κανείς θυμηθεί πως αυτή η στρατηγική ήταν από αυτές που συγκέντρωναν πολύ υψηλό IR κατά την εξέταση των στρατηγικών θέσεων πώλησης, πιθανότατα λόγω έντονα πτωτικών αγορών. Ωστόσο, αν κανείς συγκρίνει την υψηλότερη τιμή από την εν λόγω στήλη με το IR που είχε παρατηρηθεί κατά την ανάλυση των στρατηγικών θέσεων πώλησης θα διαπιστώσει πως όλες οι στρατηγικές που προκύπτουν από την συγκεκριμένη μίξη έχουν IR χαμηλότερο σε σχέση με αυτό της στρατηγικής θέσεων πώλησης. Αντίστοιχα συμπεράσματα προκύπτουν και από όλες τις άλλες στήλες του heatmap του διαγράμματος 6.17. Κατά συνέπεια, προκύπτει το συμπέρασμα πως η συγκεκριμένη μεθοδολογία μίξης στρατηγικών δεν μας δίνει απαραίτητα υψηλότερα IR. Τα παραπάνω γίνονται πολύ πιο ξεκάθαρα στο διάγραμμα 6.18.



Εικόνα 6.18: *Σύγκριση μεταξύ μικτών στρατηγικών και στρατηγικών θέσεων πώλησης ως προς το IR, τα κέρδη, αλλά και την τυπική απόκλιση αυτών.*

Όπως παρατηρήθηκε και προηγουμένως, και όπως φαίνεται και στο πρώτο γράφημα από τα αριστερά της εικόνας 6.18, το IR των στρατηγικών θέσεων πώλησης είναι υψηλότερο από όλα τα αντίστοιχα που προκύπτουν από τις μίξεις της εν λόγω στρατηγικής με άλλες καλές στρατηγικές θέσεων αγοράς. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα δύο επόμενα γραφήματα της ίδιας εικόνας. Στην μέση παρατηρούμε τη σύγκριση των κερδών των στρατηγικών θέσεων πώλησης σε σύγκριση με αυτά που προκύπτουν από τις καλύτερες μίξεις τους. Και πάλι διαπιστώνουμε πως οι στρατηγικές θέσεων πώλησης, χωρίς κάποια μίξη, τα καταφέρνουν πολύ καλύτερα. Αντιθέτως, στο τρίτο από αριστερά διάγραμμα παρατηρούμε πως η τυπική απόκλιση κερδών στην περίπτωση των μικτών στρατηγικών είναι χαμηλότερη από αυτή στην περίπτωση των στρατηγικών θέσεων πώλησης. Αυτό το φαινόμενο, αν και αναμενόμενο, δεν είναι αρκετά έντονο έτσι ώστε να αντιστρέψει το αποτέλεσμα της σύγκρισης μεταξύ των α-

ντίστοιχων IR που προηγήθηκε. Συνεπώς, έπειτα από αυτή την ανάλυση γίνονται αντιληπτοί οι λόγοι για τους οποίους, σε μία πτωτική αγορά σαν και αυτή που παρατηρείται κατά τον υπό εξέταση χρόνο, δεν έχει νόημα κανείς να κατασκευάζει μικτές στρατηγικές με πολύ προσοδοφόρες στρατηγικές θέσεων πώλησης, εκτός και αν θέλει να μειώσει το ρίσκο στο οποίο εκτίθεται, θυσιάζοντας ωστόσο μέρος των κερδών του, όπως εξάλλου συνήθως γίνεται, εκτός από ελάχιστες περιπτώσεις. Αυτά τα συμπεράσματα δίνουν ακόμη περισσότερη βαρύτητα στην επιτυχία των μικτών Safe στρατηγικών της προηγούμενης υποενότητας, οι οποίες κατάφεραν να αυξήσουν τα κέρδη τους μειώνοντας σημαντικά το ρίσκο το οποίο φέρουν.

6.4 Μία προσέγγιση της μεθοδολογίας Markowitz

Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκε μία επέκταση της μεθοδολογίας του Markowitz που σχεδιάστηκε έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση της παρούσας έρευνας ως benchmark. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν οι πιθανοτικές προβλέψεις των 6 καλύτερων ομάδων για να κατασκευαστούν χαρτοφυλάκια θέσων αγοράς, πώλησης αλλά και μικτά χαρτοφυλάκια, επιχειρώντας να μεγιστοποιηθεί η συνάρτηση χρησιμότητας (utility function), χρησιμοποιώντας διαφορετικές προσεγγίσεις ως προς το επιθυμητό ρίσκο (μεταβάλλοντας ουσιαστικά τον παράγοντα αποστροφής κινδύνου λ).

Πιο συγκεκριμένα, όπως αναλύθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο χρησιμοποιήθηκε η αριθμητική μέθοδος Sequential Least Squares Programming (SLSQP) για την επίλυση του προβλήματος βελτιστοποίησης

$$U(\mathbf{w}) = \mathbf{w}^\top \mathbf{R} \; - \; \lambda \cdot \mathbf{w}^\top \Sigma \mathbf{w},$$

χρησιμοποιώντας τρεις διαφορετικούς περιορισμούς, οι οποίοι αναπαριστούν και τα διαφορετικά είδη χαρτοφυλακίων (χαρτοφυλάκια θέσεων αγοράς, πώλησης και μικτά χαρτοφυλάκια). Συνεπώς έγιναν τρία διαφορετικά είδη πειραμάτων με τους αντίστοιχους περιορισμούς:

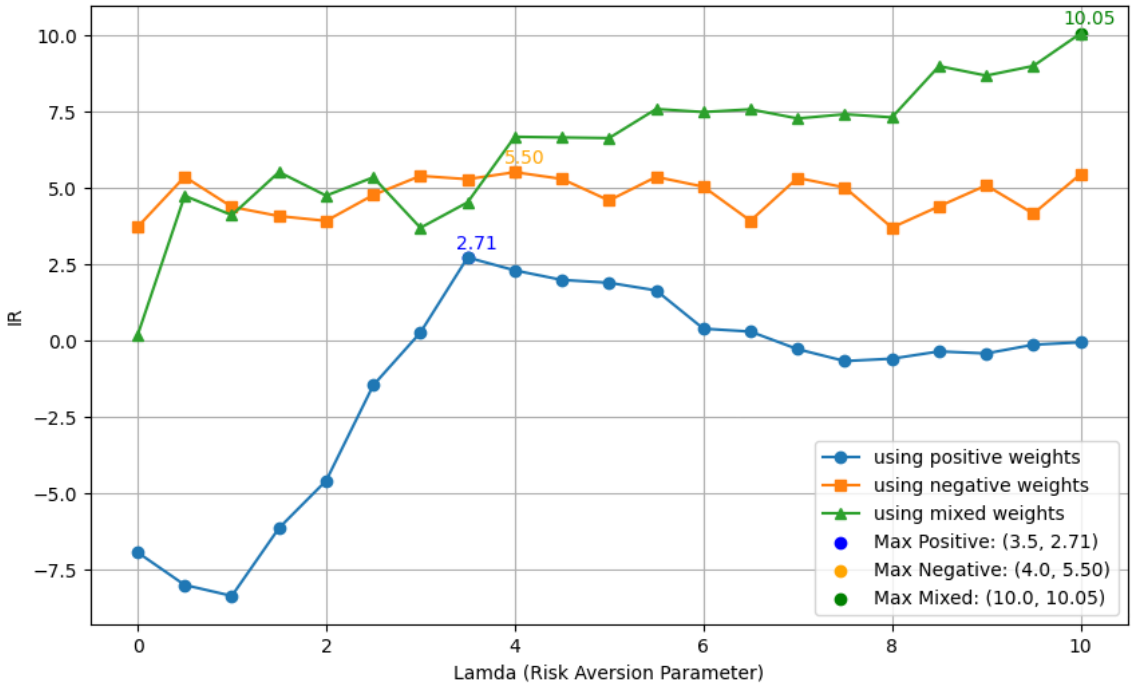
- $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1, w_i \geq 0 \quad \forall i$
- $\sum_{i=1}^{n} |w_i| = 1, w_i \leq 0 \quad \forall i$
- $\sum_{i=1}^{n} |w_i| = 1$

Τα τρία διαφορετικά είδη χαρτοφυλακίου που κατασκευάζονται μέσω επιβολής των αντίστοιχων πειρορισμών στις μεταβλητές του προβλήματος βελτιστοποίησης (βάρη χαρτοφυλακίου) μπορούν να συγκριθούν με τα αντίστοιχα που προκύπτουν από την παρούσα έρευνα.

Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε διαφορετικό είδος πειράματος και διάφορες τιμές για την παράμετρο αποστροφής κινδύνου λ. Στην πραγματικότητα εξετάστηκαν τιμές στο διάστημα $[0, 100]$ για τη συγκεκριμένη παράμετρο, ωστόσο στο διάγραμμα 6.19 παρουσιάζονται αποτελέσματα μόνο για τις τιμές $[0, 10]$ καθώς για τις υπόλοιπες τιμές τα αποτελέσματα μένουν στάσιμα, ενώ εντός του συγκεκριμένου διαστήματος παρατηρούνται οι μέγιστες αλλά και οι ελάχιστες τιμές IR των κατηγοριών χαρτοφυλακίων που προαναφέρθηκαν. Συνεπώς, τα διαφορετικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τις διαφορετικές προσεγγίσεις ρίσκου στο

μοντέλο του Markowitz μπορούν να συγκριθούν με τα αντίστοιχα clusters που έχουν παρουσιαστεί στις προηγούμενες ενότητες (Very Risky, Risky, Safe).

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί πως κανείς θα μπορούσε να επιβάλει διάφορους περιορισμούς στο πρόβλημα βελτιστοποιήσης που προκύπτει στην μεθοδολογία Markowitz και να επεκτείνει τους πειραματισμούς των οποίων τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο παρόν κεφάλαιο. Ωσρόσο, καθώς στην παρούσα έρευνα η μεθοδολογία Markowitz χρησιμοποιείται αποκλειστικά και μόνο σαν benchmark, επιλέχθηκαν σκοπίμως οι συγκεκριμένοι περιορισμοί και πειράματα έτσι ώστε να προκύψει μία ξεκάθαρη αντιστοιχία των χαρτοφυλακίων που δημιουργήθηκαν με αυτή τη μεθοδολογία, σε σύγκριση με αυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόλοιπο της παρούσας έρευνας. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την κατασκευή των χαρτοφυλακίων με τη μεθοδολογία Markowitz παρουσιάζονται στο σχεδιάγραμμα 6.19.



Εικόνα 6.19: *Σύγκριση των διαφορετικών χαρτοφυλακίων που κατασκευάστηκαν με τη μεθοδολογία του Makowitz ως προς το IR τους*

Εστιάζοντας για αρχή στα χαρτοφυλάκια θέσεων αγοράς, μπορεί κανείς να παρατηρήσει πως τα IR που προκύπτουν από την επιλογή μικρής παραμέτρου αποστροφής κινδύνου δεν είναι καλά, κάτι το οποίο επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα των αντίστοιχων Very Risky, Risky στρατηγικών που έχουν παρουσιαστεί μέχρι τώρα, τουλάχιστον στην περίπτωση των στρατηγικών θέσεων αγοράς. Παρατηρούμε, πως και στην περίπτωση του Markowitz, η αποστροφή κινδύνου στην κατασκευή χαρτοφυλακίων θέσεων αγοράς σε πτωτικές αγορές είναι προτιμότερη. Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί, πως η καλύτερη στρατηγική θέσεων αγοράς που κατασκευάστηκε στα πλαίσια της παρούσας έρευνας (difference_5_1) ξεπερνά αισθητά την καλύτερη αντίστοιχη που προκύπτει από την μεθοδολογία Markowitz όπως μπορεί να δει κανείς και από τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα που θα ακολουθήσουν.

Προχορώντας στην περίπτωση των χατοφυλακίων θέσεων πώλησης, παρατηρούμε πως είναι σταθερά καλύτερα, από άποψη IR από τα αντίστοιχα θέσεων αγοράς, κάτι το οποίο

είναι πλήρως αντίστοιχο με τα συμπεράσματα της παρούσας έρευνας και αρκετά αναμενόμενο, λόγω των πτωτικών αγορών που παρατηρούνται. Από την άλλη, μπορεί κανείς να παρατηρήσει πως τα χαρτοφυλάκια Markowitz αδυνατούν να εκμεταλλευτούν πλήρως αυτές τις πτωτικές τάσεις, καθώς το βάλτιστο IR που προκύπτει είναι τουλάχιστον υποεξαπλάσιο του αντίστοιχου που προκύπτει από την ανάλυση των στρατηγικών θέσεων πώλησης που αναπτύχθηκαν στην παρούσα έρευνα. Αυτό γίνεται εμφανές και από την μη διαφοροποίηση των χαρτοφυλακίων με χαμηλή παράμετρο αποστροφής κινδύνου από αυτά με υψηλή.

Τέλος, συνεχίζοντας με τα μικτά χαρτοφυλάκια που προκύπτουν από την προσαρμοσμένη μεθοδολογία Markowitz, παρατηρεί κανείς πως είναι καλύτερα από τα αντίστοιχα θέσεων πώλησης σχεδόν για όλο το φάσμα παραμέτρων αποστροφής κινδύνου. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τα μέχρι τώρα ευρύματα, και κατά πάσα πιθανότητα προκύπτει από την αδυναμία των χαρτοφυλακίων θέσεων πώλησης Markowitz να εκμεταλλευτούν επαρκώς τις πτωτικές αγορές. Ωστόσο, αξίζει κανείς να σημειώσει πως, παρά τα υψηλά IR που παρατηρούνται στα μικτά χαρτοφυλάκια Markowitz, το καλύτερο χαρτοφυλάκιο από αυτά εξακολουθεί να έχει τουλάχιστον το μισό IR από την καλύτερη μικτή στρατηγική που παρουσιάστηκε στην παρούσα έρευνα.

Όλες οι συγκρίσεις που παρουσιάστηκαν παραπάνω μπορούν να γίνουν πιο καθαρά αντιληπτές με την βοήθεια του συγκεντρωτικού πίνακα 6.4

<table>
<tr><td rowspan="2"></td><td colspan="2">Χαρτοφυλάκια Θέσεων</td><td colspan="2">Μικτά Χαρτοφυλάκια</td></tr>
<tr><td>Αγοράς</td><td>Πώλησης</td><td>Αντίστοιχες Στρατηγικές</td><td>Μη-Αντίστοιχες Στρατηγικές</td></tr>
<tr><td>Βέλτιστη Safe</td><td>4.12</td><td>8.5</td><td>9.11</td><td rowspan="3">21.9</td></tr>
<tr><td>Βέλτιστη Risky</td><td>0.4</td><td>23.1</td><td>3.3</td></tr>
<tr><td>Βέλτιστη Very Risky</td><td>-28.3</td><td>37.5</td><td>11.4</td></tr>
<tr><td>Βέλτιστη Markowitz</td><td>2.71</td><td>5.5</td><td colspan="2">10.1</td></tr>
</table>

Πίνακας 6.4: *Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα*

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, σε κάθε περίπτωση, οι στρατηγικές που αναπτύχθηκαν στην παρούσα έρευνα ξεπερνάνε αισθητά το benchmark της προσαρμοσμένης μεθοδολογίας Markowitz. Επομένως, οι στρατηγικές που κατασκευάστηκαν στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής υπερέχουν, δεδομένων αξιόπιστων πρόβλεψεων, τόσο των benchmarks που χρησιμοποιήθηκαν όσο και των καλύτερων στρατηγικών που αναπτύχθηκαν και διακρίθηκαν στον διαγωνισμό M6. Πετυχαίνουν έτσι τον σκοπό τους, να αξιοποιήσουν αποτελεσματικά πιθανοτικές προβλέψεις για τη βελτιστοποίηση ενός χαρτοφυλακίου.

Κεφάλαιο 7

Επίλογος

Όπως έχει γίνει αντιληπτό από την προηγούμενη ανάλυση, σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η αξιοποίηση πιθανοτικών προβλέψεων για τη βελτιστοποίηση χαρτοφυλακίου. Για τον σκοπό αυτό κατασκευάστηκε ένα σύνολο επενδυτικών στρατηγικών που κάλυψαν ένα ευρύ φάσμα κινδύνου και αποδόσεων. Χρησιμοποιώντας ως μέτρο απόδοσης το IR,στόχος ήταν η εύρεση του βέλτιστου συνδυασμού των εν λόγω στρατηγικών προκειμένου να μεγιστοποιηθούν τα κέρδη του εκάστοτε επενδυτή. Στα προηγούμενα δύο κεφάλαια, λοιπόν, παρουσιάστηκαν όλα τα πειράματα που έγιναν στην παρούσα έρευνα, ενώ αναλύθηκαν και τα αποτελέσματα αυτών. Παρακάτω, σε συνέχεια της προηγούμενης ανάλυσης, έχουν συλλεχθεί τα βασικότερα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

7.1 Συμπεράσματα

- Η κατασκευή επενδυτικών χαρτοφυλακίων θέσεων αγοράς εν μέσω πτωτικών αγορών, ιδιαιτέρως στις περιπτώσεις όπου υπεισέρχεται υψηλό ρίσκο σπάνια είναι προσοδοφόρα. Όπως μπορεί να φανεί και στα διαγράμματα 6.4, 6.5, 6.1 οι αντίστοιχες στρατηγικές κατασκευής χαρτοφυλακίων φέρουν κατά κανόνα αρνητικά IR. Αν κανείς επιθυμεί να κατασκευάσει τέτοιου είδους χαρτοφυλάκιο, χρήσιμη πρακτική φαίνεται να είναι η μείωση του αντίστοιχου ρίσκου στο μέγιστο δυνατό, συμπέρασμα το οποίο εξάγεται άλλωστε από διαγράμματα όπως τα 6.5 και 6.6β΄.

- Αντίστροφα συμπεράσματα εξάγονται για τα χαρτοφυλάκια θέσεων πώλησης τα οποία κατασκευάζονται εν μέσω πτωτικών αγορών. Όπως γίνεται αντιληπτό από την ανάλυση της ενότητας 6.2, οι στρατηγικές οι οποίες ενέχουν πολύ υψηλό ρίσκο και κατασκευάζουν χαρτοφυλάκια θέσεων πώλησης καταφέρνουν να φέρουν εντυπωσιακά αποτελέσματα ως προς το IR. Είναι ιδιαιτέρως εντυπωσιακό το γεγονός πως στην παρούσα διπλωματική εργασία κατασκευάστηκε χαρτοφυλάκιο το οποίο ξεπέρασε το βέλτιστο χαρτοφυλάκιο του διαγωνισμού M6 με αυτό τον τρόπο. Αυτό συμβαίνει καθώς και οι προβλέψεις πτώσης τιμών είναι πιο πιθανό να είναι ακριβέστερες από τις προβλέψεις ανόδου σε πτωτικές αγορές. Επιπλέον, το περιθώριο κέρδους μίας στρατηγικής θέσεων πώλησης είναι φυσικά υψηλότερο σε σύγκριση με αυτό μίας στρατηγικής θέσεων αγοράς, σε τέτοιες αγορές. Παράλληλα, αποδείχθηκε στην ανάλυση που προηγήθηκε πως τέτοιου είδους στρατηγικές δεν εκμεταλλεύονται απλώς ξαφνικές καθόδους στις

τιμές (που εξάλλου είναι και δύσκολο να προβλεφθούν) αλλά είναι σταθερά κερδοφόρες καθ΄όλη τη διάρκεια του υπό εξέταση χρόνου.

- Ως προς τις μικτές στρατηγικές, δηλαδή τις στρατηγικές που συνδυάζουν στρατηγικές θέσεων πώλησης αλλά και αγοράς, η εκτενής ανάλυση που έγινε στην υποενότητα 6.3 υποδεικνύει πως αυτή την πρακτική, τουλάχιστον σε πτωτικές αγορές επωφελούνται σημαντικά χαρτοφυλάκια με χαμηλό ρίσκο. Μάλιστα, όπως γίνεται αντιληπτό από το σχεδιάγραμμα 6.2 αλλά και από τον πίνακα 6.4 είναι σημαντικά προτιμότερο σε τέτοιες περιπτώσεις, ενας επενδυτής ο οποίος αποζητά χαμηλό ρίσκο να επιλέξει μικτές στρατηγικές, έναντι στρατηγικών θέσεων αγοράς ή πώλησης. Αυτό το συμπέρασμα δεν προκύπτει ωστόσο για τους επενδυτές οι οποίοι προτίθενται να εκτεθούν σε υψηλότερο ρίσκο, οι οποίοι σε περίπτωση πτωτικών αγορών θα έπρεπε να επιλέξουν θέσεις πώλησης, αφού οι μικτές στρατηγικές, ακόμα και με καλές προβλέψεις, δεν τους προσφέρουν παραπάνω κέρδος. Αντιθέτως, φαίνεται να μειώσουν τα κέρδη χωρίς να μειώσουν ιδιαίτερα το αντίστοιχο ρίσκο (σχεδιάγραμμα 6.2).

- Επιπλέον, παρατηρείται στην παρούσα διπλωματική ένα ακόμη πολύ ενδιαφέρον χαρακτηριστικό των χαρτοφυλακίων. Οι στρατηγικές με χαμηλό ρίσκο τείνουν να έχουν παρόμοια συμπεριφορά, συνολικά αλλά και κατά τη διάρκεια του χρόνου στους επιμέρους μήνες, με τα αντίστοιχα benchmarks. Πιο συγκεκριμένα, οι ¨ασφαλείς' στρατηγικές θέσεων αγοράς φαίνεται να έχουν παρόμοια συμπεριφορά με τη στρατηγική ισόποσου διαμοιρασμού θετικών βαρών στα περιουσιακά στοιχεία του χαρτοφυλακίου. Επιπλέον, οι ¨ασφαλείς' σταρτηγικές θέσεων πώλησης έχουν παρόμοια συμπεριφορά με τη στρατηγική ισόποσου διαμοιρασμού αρνητικών βαρών στα περιουσιακά στοιχεία του χαρτοφυλακίου. Παρόμοια συμπεράσματα προκύπτουν και από τις μικτές ασφαλείς στρατηγικές. Αυτό το συμπέρασμα αποκτά ιδιαίτερη βαρύτητα αν αναλογιστεί κανείς την ιδιότητα της συμμετρίας μεταξύ του benchmark θέσεων πώλησης και αγοράς. Πιο συγκεκριμένα, η απόλυτη τιμή των IR των προηγούμενων δύο στρατηγικών είναι ίση καθόλη τη διάρκεια του χρόνου, με τη μία τιμή να είναι θετική και την άλλη αρνητική ανά μήνα. Αυτό συνεπώς σημαίνει πως αν κανείς κατάφερνε να παράξει προβλέψεις σχετικά με το ποιά από τις δύο στρατηγικές πρόκειται να είναι ¨θετική' ως προς το IR της κάθε μήνα, τότε θα υπήρχε σημαντικό περιθώριο σταθερού κέρδους. Αν μάλιστα κανείς συνυπολογίσει σε αυτά και την παρατήρηση που μόλις αναφέρθηκε σχετικά με την συμπεριφορά των ¨ασφαλών' στρατηγικών, οι οποίες προσφέρουν υψηλότερα IR από τα benchmark, τότε γίνεται εύκολα αντιληπτό πως το περιθώριο κέρδους αυξάνεται σημαντικά με χαμηλό μάλιστα ρίσκο.

- Επιπροσθέτως, μία από τις σημαντικότερες συνεισφορές της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η τροποποίηση της κλασσικής μεθοδολογίας Markowitz όπως αυτή παρουσιάστηκε στο πέμπτο κεφάλαιο, έτσι ώστε να λειτουργήσει σαν benchmark των στρατηγικών που αναπτύχθηκαν. Όπως φάνηκε από την ανάλυση της προηγούμενης υποενότητας, η μεθοδολογία Markowitz δεν καταφέρνει να ξεπεράσει τις βέλτιστες στρατηγικές που αναπτύχθηκαν στην παρούσα διπλωματική. Αυτό αποτυπώνεται ιδιαιτέρως στα χαρτοφυλάκια θέσεων πώλησης, όπου η διαφορά μεταξύ των στρατηγικών που αν-

πτύχθηκαν στην παρούσα διπωματική και στη μεθοδολογία Markowitz είναι της τάξης των 30 μονάδων IR. Αυτό συμβαίνει καθώς η μεθοδολογία Markowitz δεν καταφέρνει να ξεχωρίσει ένα μικρό ποσοστό μετοχών των οποίων η τιμή πρόκειται να πέσει αισθητά, και να επενδύσει ισχυρά αρνητικά βάρη σε αυτές. Παρατηρούμε (διάγραμμα 6.19) πώς αν και επιτρέψαμε στην μεθοδολογία Markowitz κατά την επίλυση του προβλήματος βελτιστοποίησης να χρησιμοποιήσει το μέγιστο δυνατό ρίσκο ($\lambda = 0$) δεν κατάφερε να μεταφράσει αυτό το ρίσκο σε υψηλά κέρδη επιλέγοντας τις κατάλληλες μετοχές για να επενδύσει.

7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Λαμβάνοντας υπ΄όψην τα παραπάνω, αντιλαμβάνεται κανείς πως στην παρούσα ερευνητική εργασία εξήχθησαν χρήσιμα συμπεράσματα για την κατασκευή χαρτοφυλακίων, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου παρατηρούνται πτωτικές αγορές. Ωστόσο, θα μπορούσαν να προκύψουν ενδιαφέρουσες προεκτάσεις της έρευνας αυτής, εμπλουτίζοντας ακόμη παραπάνω τα συμπεράσματα που προκύπτουν.

Η μεθοδολογία που παρουσιάστηκε στο πέμπτο και στο έκτο κεφάλαιο θα μπορούσε να επεκταθεί, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί και σε άλλους διαγωνισμούς, προηγούμενους του M6. Κάτι τέτοιο θα έδινε την δυνατότητα εξαγωγής αντίστοιχων συμπερασμάτων και για άλλα είδη αγορών, που δεν είναι απαραίτητα πτωτικές. Θα παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον να μελετήσει κανείς αν τα ιδιαίτερα καλά αποτελέσματα που προέκυψαν από τις στρατηγικές θέσεων πώλησης προκύπτουν και σε ανοδικές αγορές από τις στρατηγικές θέσεων αγοράς. Επιπλέον, πολύ ενδιαφέρον θα ήταν να πειραματιζόταν κανείς με τις μικτές στρατηγικές σε ανοδικές αγορές, έτσι ώστε να προκύψει ένα συμπέρασμα σχετικά με την χρησιμότητα και τις προϋποθέσεις υπό τις οποίες τέτοιου είδους στρατηγικές αξίζει γενικότερα να χρησιμοποιούνται.

Επιπροσθέτως, πολύ ενδιαφέρον θα ήταν να πειραματιστεί κανείς και με άλλες εκδοχές κατασκευής μικτών στρατηγικών. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, η απόφαση σχετικά με την επένδυση θετικού ή αρνητικού βάρους γινόταν σε επίπεδο μετοχής με βάση τις πιθανοτικές προβλέψεις που δίνονταν. Πιο συγκεκριμένα, όπως έχει περιγραφεί σε προηγούμενα κεφάλαια, εαν το άθροισμα των πιθανοτήτων $Rank1 + Rank2$ ήταν μεγαλύτερο από το άθροισμα πιθανοτήτων $Rank5 + Rank4$, τότε δινόταν αρνητικό βαρος στην αντίστοιχη μετοχή, ειδάλλως θετικό. Ωστόσο, αυτή είναι φυσικά μία μόνο προσέγγιση, και θα μπορούσε κανείς να σκεφτεί και άλλους τρόπους να κατασκευάζονται μικτά χαρτοφυλάκια, όπου η απόφαση για θέση αγοράς ή πώλησης θα λαμβάνεται σε επίπεδο μηνιαίου χατοφυλακίου και όχι σε επίπεδο μετοχής.

Ακόμη, ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα είχε και η προσπάθεια εκμετάλλευσης της ιδιότητας των χαρτοφυλακίων χαμηλού ρίσκου σε σχέση με τη συμπεριφορά των benchmarks που παρατηρήθηκε και αναλύθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία. Όπως έχει εξηγηθεί στα προηγούμενα κεφάλαια, αν κανείς κατάφερνε να παράξει προβλέψεις σχετικά με το ποιά από τις δύο benchmark στρατηγικές (θέσης αγοράς ή πώλησης) πρόκειται να είναι ¨θετική' ως προς το IR της κάθε μήνα, τότε θα υπήρχε σημαντικό περιθώριο σταθερού κέρδους, καθώς θα μπορούσε κανείς να εκμεταλλευτεί τις αντίστοιχες ¨ασφαλείς' στρατηγικές της παρούσας έρευνας, οι οποίες θα μπορούσαν με αυτόν τον τρόπο να υποσχεθούν ακόμη υψηλότερα κέρδη. Τα ήδη πολύ

υψηλά IR που παρουσιάζει αυτή η έρευνα για αυτού του είδους τις στρατηγικές είναι σίγουρα πολύ υποσχόμενα. Η επίτευξη του παραπάνω, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με χρήση μοντέλων μηχανικής μάθησης, ωστόσο τα περιορισμένα δεδομένα που άλλωστε αποτέλεσαν και έναν από τους περιρισμούς του M6 [2] δεν κρίθηκαν κατάλληλα για την εκπαίδευση τέτοιων μοντέλων στα πλαίαια της παρούσας εργασίας.

Τέλος, υπό την προϋπόθεση της ύπαρξης των απαιτούμενων δεδομένων, ενδιαφέρουσα θα ήταν και η αύξηση των ομολόγων στο χαρτοφυλάκιο. Συχνά, η χρήση κρατικών ομολόγων ισχυρών οικονομιών χρησιμοποιείται στην βελτιστοποίηση χαρτοφυλακίων έτσι ώστε να μειωθεί το ρίσκο που φέρει το χαρτοφυλάκιο. Ο συνδυασμός μίας τέτοιας μεθοδολογίας με τις πιο πετυχημένες στρατηγικές θέσεων πώλησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα μπορούσε να αποφέρει ακόμη υψηλότερα IR.

Βιβλιογραφία

[1] Christine Brentani. *Portfolio Management in Practice.* Elsevier, 2003.

[2] Spyros Makridakis, Evangelos Spiliotis, Ross Hollyman, Fotios Petropoulos, Norman Swanson και Anil Gaba. *The M6 forecasting competition: Bridging the gap between forecasting and investment decisions. International Journal of Forecasting*, 2024.

[3] John L. Maginn, Donald L. Tuttle, Dennis W. McLeavey και Jerald E. Pinto. *Managing Investment Portfolios: A Dynamic Process*, τόμος 3. John Wiley & Sons, 2007.

[4] Harry Markowitz. *Portfolio selection. The Journal of Finance*, 7(1):77–91, 1952.

[5] Gordon A. Pogue. *An extension of the Markowitz portfolio selection model to include variable transactions' costs, short sales, leverage policies and taxes. The Journal of Finance*, 25(5):1005–1027, 1970.

[6] Marcus H. Cohen και Vincent D. Natoli. *Risk and utility in portfolio optimization. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 324(1-2):81–88, 2003.

[7] Martin J. Gruber, Edwin J. Elton και others. *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis.* John Wiley & Sons, Inc., 2007.

[8] David G. Luenberger. *Investment Science.* Oxford University Press Inc., New York, 1997.

[9] Richard C. Grinold και Ronald N. Kahn. *Active Portfolio Management.* McGraw-Hill, 2000.

[10] William F. Sharpe. *The Sharpe Ratio. Journal of Portfolio Management*, 21(1):49–58, 1994.

[11] William Kinlaw, Mark Kritzman και David Turkington. *Liquidity and portfolio choice: A unified approach. The Journal of Portfolio Management*, 39(2):19–27, 2013.

[12] Meir Statman. *The diversification puzzle. Financial Analysts Journal*, 60(4):44–53, 2004.

[13] Harry M. Markowitz. *Foundations of portfolio theory. The Journal of Finance*, 46(2):469–477, 1991.

[14] John Lintner. *Security Prices, Risk, and Maximal Gains from Diversification. The Journal of Finance*, 20(4):587–615, 1965.

[15] Jan Mossin. *Equilibrium in a Capital Asset Market. Econometrica: Journal of the Econometric Society*, σελίδες 768–783, 1966.

[16] Bin Li και Steven C. H. Hoi. *Online portfolio selection: A survey. ACM Computing Surveys (CSUR)*, 46(3):1–36, 2014.

[17] R. J. Hyndman και G. Athanasopoulos. *Forecasting: Principles and Practice.* OTexts, Australia, 2η έκδοση, 2018.

[18] B. B. Mandelbrot. *Statistical methodology for nonperiodic cycles: from the covariance to r/s analysis. Annals of Economic and Social Measurement*, 1:259–290, 1972.

[19] G. E. Box, S. C. Hillmer και G. C. Tiao. *Analysis and modeling of seasonal time series*, σελίδες 309–344. NBER, 1978.

[20] C. Chen και L. M. Liu. *Forecasting time series with outliers. Journal of Forecasting*, 12(1):13–35, 1993.

[21] ESRI. *Understanding outliers in time series analysis*, 2020.

[22] Spyros Makridakis, Steven C. Wheelwright και Rob J. Hyndman. *Forecasting: Methods and Applications.* John Wiley and Sons, New York, 3η έκδοση, 1998.

[23] L. Kilian και M. P. Taylor. *Why is it so difficult to beat the random walk forecast of exchange rates? Journal of International Economics*, 60(1):85–107, 2003.

[24] V. Cerqueira, L. Torgo και C. Soares. *Machine learning vs statistical methods for time series forecasting: Size matters. arXiv preprint arXiv:1909.13316*, 2019.

[25] Φ. Ασημακόπουλος και Β. Πετρόπουλος. *Επιχειρησιακές προβλέψεις.* Εκδόσεις Συμμετρία, 2015.

[26] E. Ostertagova και O. Ostertag. *Forecasting using simple exponential smoothing method. Acta Electrotechnica et Informatica*, 12(3):62, 2012.

[27] T. B. Fomby. *Exponential smoothing models. Mannual SAS/ETS Software: Time Series Forecasting System. Version 6.* 2008.

[28] C. C. Holt. *Forecasting Trends and Seasonal by Exponentially Weighted Averages.* Pittsburgh, USA, 1957. Δημοσιεύθηκε στο Journal of Forecasting 2004, 20, 5–13.

[29] J. D. Bermúdez, A. Corberán-Vallet και E. Vercher. *Forecasting time series with missing data using Holt's model. Journal of Statistical Planning and Inference*, 139(8):2791–2799, 2009.

[30] B. Billah, M. L. King, R. D. Snyder και A. B. Koehler. *Exponential smoothing model selection for forecasting. International Journal of Forecasting*, 22(2):239–247, 2006.

[31] E. S. Gardner Jr. *Exponential smoothing: The state of the art — Part II. International Journal of Forecasting*, 22:637–666, 2006.

[32] E. S. Gardner Jr. και E. McKenzie. *Model identification in exponential smoothing. Journal of the Operational Research Society*, 39:863–867, 1988.

[33] E. McKenzie και E. S. Gardner Jr. *Damped trend exponential smoothing: a modelling viewpoint. International Journal of Forecasting*, 26(4):661–665, 2010.

[34] C. Carl Pegels. *Exponential forecasting: some new variations. Management Science*, σελίδες 311–315, 1969.

[35] P. J. Brockwell και R. A. Davis. *Introduction to Time Series and Forecasting.* Springer, 2016.

[36] P. R. Winters. *Forecasting sales by exponentially weighted moving averages. Management Science*, 6(3):324–342, 1960.

[37] C. Chatfield. *The Holt-winters forecasting procedure. Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 27(3):264–279, 1978.

[38] G. E. P. Box και G. M. Jenkins. *Time Series Analysis: Forecasting and Control.* Holden-Day, San Francisco, 1970.

[39] R. Nau. *The mathematical structure of arima models*, 2014. Duke University Online Article, 1(1), 1-8.

[40] D. Benvenuto, M. Giovanetti, L. Vassallo, S. Angeletti και M. Ciccozzi. *Application of the ARIMA model on the COVID-2019 epidemic dataset. Data in Brief*, 29:105340, 2020.

[41] M. R. Abonazel και A. I. Abd-Elftah. *Forecasting Egyptian GDP using ARIMA models. Reports on Economics and Finance*, 5(1):35–47, 2019.

[42] V. Assimakopoulos και K. Nikolopoulos. *The theta model: a decomposition approach to forecasting. International Journal of Forecasting*, 16(4):521–530, 2000.

[43] K. I. Nikolopoulos και D. D. Thomakos. *Forecasting with the Theta Method: Theory and Applications.* John Wiley & Sons, 2019.

[44] L. Cheng, M. Shadabfar και A. Sioofy Khoojine. *A state-of-the-art review of probabilistic portfolio management for future stock markets. Mathematics*, 11(5):1148, 2023.

[45] G. Papadopoulos. *Statistics*, 2024. Accessed: 2025-02-13.

[46] F. Siannis. *Descriptive Statistics*, 2025. Accessed: 2025-02-13.

[47] Chris Chatfield. *Time-series forecasting.* Chapman and Hall/CRC, 2000.

[48] N. Amjady και M. Hemmati. *Energy price forecasting-problems and proposals for such predictions. IEEE Power and Energy Magazine*, 4(2):20–29, 2006.

[49] Rafal Weron και Adam Misiorek. *Forecasting spot electricity prices: A comparison of parametric and semiparametric time series models. International Journal of Forecasting*, 24(4):744–763, 2008.

[50] Katarzyna Maciejowska, Jakub Nowotarski και Rafal Weron. *Probabilistic forecasting of electricity spot prices using Factor Quantile Regression Averaging. International Journal of Forecasting*, 32(3):957–965, 2016.

[51] Jakub Nowotarski και Rafal Weron. *Recent advances in electricity price forecasting: A review of probabilistic forecasting. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81:1548–1568, 2018.

[52] Tilmann Gneiting και Matthias Katzfuss. *Probabilistic forecasting. Annual Review of Statistics and Its Application*, 1(1):125–151, 2014.

[53] Jakub Nowotarski και Rafał Weron. *Computing electricity spot price prediction intervals using quantile regression and forecast averaging. Computational Statistics*, 30:791–803, 2015.

[54] Carol Alexander. *Market Risk Analysis, Value at Risk Models*, τόμος 4. John Wiley & Sons, 2009.

[55] Rafal Weron. *Electricity price forecasting: A review of the state-of-the-art with a look into the future. International Journal of Forecasting*, 30(4):1030–1081, 2014.

[56] Adam Misiorek, Stefan Trueck και Rafal Weron. *Point and interval forecasting of spot electricity prices: Linear vs. non-linear time series models. Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 10(3), 2006.

[57] Sándor Baran και Sebastian Lerch. *Mixture EMOS model for calibrating ensemble forecasts of wind speed. Environmetrics*, 27(2):116–130, 2016.

[58] Roger Koenker. *Quantile Regression.* Cambridge University Press, 2005.

[59] Jakub Nowotarski και Rafal Weron. *Merging quantile regression with forecast averaging to obtain more accurate interval forecasts of Nord Pool spot prices. 11th International Conference on the European Energy Market (EEM14)*, σελίδες 1–5. IEEE, 2014.

[60] Hamid Zareipour, Alireza Janjani, Howard Leung, Ali Motamedi και Albert Schellenberg. *Classification of future electricity market prices. IEEE Transactions on Power Systems*, 26(1):165–173, 2010.

[61] Spyros Makridakis, A. Andersen, R. Carbone, R. Fildes, M. Hibon, R. Lewandowski και R. Winkler. *The accuracy of extrapolation (time series) methods: Results of a forecasting competition. Journal of Forecasting*, 1(2):111–153, 1982.

[62] Spyros Makridakis, Chris Chatfield, Michele Hibon, Michael Lawrence, Terence Mills, Keith Ord και LeRoy F. Simmons. *The M2-competition: A real-time judgmentally based forecasting study. International Journal of Forecasting*, 9(1):5–22, 1993.

[63] Spyros Makridakis και Michèle Hibon. *The M3-Competition: results, conclusions and implications. International Journal of Forecasting*, 16(4):451–476, 2000. The M3-Competition.

[64] Spyros Makridakis, Evangelos Spiliotis και Vassilios Assimakopoulos. *The M4 Competition: 100,000 time series and 61 forecasting methods. International Journal of Forecasting*, 36(1):54–74, 2020. M4 Competition.

[65] Spyros Makridakis, Evangelos Spiliotis και Vassilios Assimakopoulos. *The M5 competition: Background, organization, and implementation. International Journal of Forecasting*, 38(4):1325–1336, 2022. Special Issue: M5 competition.

[66] Eugene F. Fama. *Papers and Proceedings of the Twenty-Eighth Annual Meeting of the American Finance Association.* New York, 1969.

[67] Burton G. Malkiel. *A Random Walk Down Wall Street: The Time-Tested Strategy for Successful Investing.* Norton and Company, New York, 1973.

[68] Ben Armour. *Active funds continue to fall short of their passive peers.* `https://www.morningstar.com/etfs/active-funds-continuefall-short-their-passive-peers`, 2023. (Accessed 16 February 2025).