

2026-02

þÿ Ÿ¹ 1¹ 1¹ Ì Ä · Ä µ Â Ä É^{1/2} M S C I E S G¹

þÿ š É^{1/2} Ä Ä ±^{1/2} Ä ¬ Â , ± · Ä¹ ¿ Â

þÿ œ µ Ä ± Ä Ä Å Ç^{1 ± 0} Ì Á Ì³ Á ±^{1/4 1/4} ± Ä Ä ·^{1/2} ' 1/2 ¬ » Å Ä · " µ¹ ¿^{1/4 - 1/2} É^{1/2} ° ±¹ § Á ·^{1/4} ± Ä ¿ ¿^{1 0} ¿^{1/2} ¿
þÿ £ Ç ¿ » ® Ÿ^{1 0} ¿^{1/2} ¿^{1/4 1 0} Î^{1/2} · Ä¹ Ä Ä ·^{1/4} Î^{1/2} ° ±¹ " ¹ ¿^{− 0} · Ä · Â , ±^{1/2} µ Ä¹ Ä Ä ®^{1/4 1} ¿ · µ ¬ Ä ¿ »¹ Ä

<http://hdl.handle.net/11728/13389>

Downloaded from HEPHAESTUS Repository, Neapolis University institutional repository



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ
ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:
ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ MSCI ESG ΔΕΙΚΤΩΝ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΠΑΪΣΙΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΑΣ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΕΠΙΒΛΕΠΩΝΤΑ:
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΒΟΡΤΕΛΙΝΟΣ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ, 2026



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ
ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:
ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ MSCI ESG ΔΕΙΚΤΩΝ

Διπλωματική Εργασία η οποία υποβλήθηκε προς απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στην Ανάλυση Δεδομένων και Χρηματοοικονομική Τεχνολογία στο Πανεπιστήμιο Νεάπολις Πάφος

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΠΑΪΣΙΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΑΣ
ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:
ΙΩΑΝΝΗΣ ΧΑΤΖΗΑΝΤΩΝΙΟΥ, ΧΡΗΣΤΟΣ ΦΛΩΡΟΣ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ, 2026

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Παΐσιος Κωνσταντάς, 2026

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Πανεπιστημίου Νεάπολις δεν υποδηλώνει
απαραιτήτως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Πανεπιστημίου.

Σελίδα Εγκυρότητας

Ονοματεπώνυμο Φοιτητή: Παΐσιος Κωνσταντάς

Τίτλος Διπλωματικής Εργασίας: Οι Ιδιότητες των MSCI ESG Δεικτών

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των σπουδών για την απόκτηση εξ αποστάσεως μεταπτυχιακού τίτλου στο Πανεπιστήμιο Νεάπολις και εγκρίθηκε στις [ημερομηνία έγκρισης] από τα μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής.

Εξεταστική Επιτροπή:

Πρώτος επιβλέπων (Πανεπιστήμιο Νεάπολις Πάφος): Δημήτριος Βορτελίνος

Μέλος Εξεταστικής Επιτροπής:[ονοματεπώνυμο, βαθμίδα, υπογραφή]

Μέλος Εξεταστικής Επιτροπής:[ονοματεπώνυμο, βαθμίδα, υπογραφή]

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ

Ο Παΐσιος Κωνσταντάς, γνωρίζοντας τις συνέπειες της λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα εργασία με τίτλο «*Οι Ιδιότητες των MSCI ESG Δεικτών*», αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και όλες οι πηγές που έχω χρησιμοποιήσει, έχουν δηλωθεί κατάλληλα στις βιβλιογραφικές παραπομπές και αναφορές. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο ή/και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή.

Ο/Η Δηλών /σα

Παΐσιος Κωνσταντάς

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά τη σχέση μεταξύ της ενσωμάτωσης κριτηρίων ESG και της χρηματοοικονομικής απόδοσης, την περίοδο 2015-2024. Σε μια εποχή που χαρακτηρίζεται από έντονη γεωπολιτική αβεβαιότητα και διαδοχικές κρίσεις, όπως η πανδημία COVID-19 και η ενεργειακή κρίση, τίθεται το ερώτημα εάν οι βιώσιμες επενδύσεις λειτουργούν ως μηχανισμός ανθεκτικότητας ή εάν περιορίζουν τις αποδόσεις.

Κύριος σκοπός της μελέτης είναι η συγκριτική αξιολόγηση του προφίλ κινδύνου και απόδοσης επιλεγμένων δεικτών ESG της MSCI (όπως ο MSCI WORLD SRI Filtered PAB Index και ο MSCI KLD 400 Social Index) έναντι των συμβατικών δεικτών αναφοράς (MSCI World Index και MSCI USA Index). Ειδικότερα, εξετάζεται η ικανότητα των ESG δεικτών να προσφέρουν προστασία σε περιόδους υψηλής μεταβλητότητας.

Η μεθοδολογική προσέγγιση βασίστηκε στη χρήση ημερήσιων λογαριθμικών αποδόσεων, εφαρμόζοντας έναν συνδυασμό προηγμένων υποδειγμάτων. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε το υπόδειγμα EGARCH(1,1) με κατανομή Student's t για την εκτίμηση της ασύμμετρης μεταβλητότητας, το μοντέλο Markov Regime Switching για τον εντοπισμό καθεστώτων κρίσης και η ανάλυση Κυλιόμενης Εντροπίας Δείγματος για την μέτρηση της πολυπλοκότητας της αγοράς. Η αξιολόγηση ολοκληρώθηκε με την ανάλυση χαρτοφυλακίου μέσω του δείκτη Sharpe και των Σωρευτικών Αποδόσεων.

Τα ευρήματα δείχνουν ότι οι δείκτες ESG, ειδικά ο MSCI WORLD SRI Filtered PAB Index, εμφάνισαν χαμηλότερη ευαισθησία και ταχύτερη ανάκαμψη σε περιόδους έντονης διακύμανσης έναντι των δεικτών αναφοράς. Η ανάλυση εντροπίας επιβεβαίωσε υψηλότερη αποτελεσματικότητα, καταρρίπτοντας τη θεωρία περιορισμού της αγοράς, ενώ επιτεύχθηκαν ανώτερες αποδόσεις προσαρμοσμένες στον κίνδυνο. Συμπερασματικά, αποδεικνύεται ότι η στρατηγική ESG μειώνει τον συστηματικό κίνδυνο χωρίς να θυσιάζει την κερδοφορία.

Λέξεις-Κλειδιά: ESG, MSCI Δείκτες, Μεταβλητότητα, EGARCH, Markov Regime Switching, Εντροπία, Διαχείριση Κινδύνου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ.1
1.1 Γενικό Πλαίσιο: Η Άνοδος των Επενδύσεων ESG	σελ.1
1.2 Ο Ρόλος και η Σημασία των Δεικτών MSCI	σελ.2
1.3 Σκοπός της Μελέτης και Ερευνητικά Ερωτήματα	σελ.3
1.4 Συνεισφορά της Εργασίας	σελ.4
1.5 Δομή της Εργασίας	σελ.5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	σελ.7
2.1 Θεωρητικό Πλαίσιο Βιώσιμης Χρηματοδότησης	σελ.7
2.2 Παρουσίαση των Εξεταζόμενων Δεικτών MSCI	σελ.8
2.2.1 Περιβαλλοντικοί Δείκτες	σελ. 9
2.2.2 Κοινωνικοί Δείκτες	σελ. 10
2.2.3 Δείκτες Διακυβέρνησης	σελ. 11
2.2.4 Δείκτες Αναφοράς (Non-ESG Benchmarks)	σελ. 12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ	σελ. 15
3.1 Περιγραφή Δεδομένων και Πηγών	σελ. 15
3.2 Μετασχηματισμός Δεδομένων (Λογαριθμικές Αποδόσεις)	σελ. 16
3.3 Προκαταρκτική Ανάλυση (Περιγραφική Στατιστική)	σελ. 17
3.3.1 Βασικά Περιγραφικά Στατιστικά	σελ. 18
3.3.2 Έλεγχος Κανονικότητας (Jarque-Bera Test)	σελ. 20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	σελ. 23
4.1 Προκαταρκτικοί Οικονομετρικοί Έλεγχοι	σελ. 23
4.1.1 Έλεγχος Στασιμότητας (ADF Test)	σελ. 24
4.1.2 Έλεγχος Μεταβαλλόμενης Διακύμανσης (ARCH-LM Test)	σελ. 24
4.2 Μέτρηση Μεταβλητότητας: Μη-Παραμετρική Προσέγγιση	σελ. 25
4.2.1 Realized Volatility (Standard Deviation)	σελ. 26
4.2.2 Εκτιμητές Εύρους (Range Estimators)	σελ. 26
4.3 Μέτρηση Μεταβλητότητας: Παραμετρική Προσέγγιση	σελ. 28

4.3.1 Το Υπόδειγμα EGARCH.....σελ.	28
4.4 Προηγμένη Ανάλυση Ιδιοτήτων Χρονοσειρών.....σελ.	30
4.4.1 Μοντέλα Εναλλαγής Καθεστώτων (Markov Regime Switching).....σελ.	30
4.4.2 Ανάλυση Δειγματικής Εντροπίας (Sample Entropy).....σελ.	32
4.5 Αξιολόγηση Χαρτοφυλακίου (Portfolio Evaluation Measures).....σελ.	34
4.5.1 Δείκτης Sharpe (Sharpe Ratio).....σελ.	34
4.5.2 Σωρευτικές Αποδόσεις (Cumulative Returns).....σελ.	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑσελ.	37
5.1 Αποτελέσματα Ελέγχων ADF και ARCH-LM Test.....σελ.	37
5.1.1. Έλεγχος Στασιμότητας (ADF Test).....σελ.	38
5.1.2. Έλεγχος Δεσμευμένης Ετεροσκεδαστικότητας (ARCH-LM Test).....σελ.	39
5.2 Συγκριτική Ανάλυση Μεταβλητότητας (Non-Parametric vs. Parametric).....σελ.	40
5.2.1 Μη Παραμετρική Εκτίμηση.....σελ.	41
5.2.2 Παραμετρική Εκτίμηση Μεταβλητότητας.....σελ.	45
5.3 Ανάλυση Καθεστώτων Κρίσης και Αλμάτων.....σελ.	48
5.4 Ανάλυση Πολυπλοκότητας και Αποτελεσματικότητας.....σελ.	50
5.5 Συγκριτική Αξιολόγηση Επιδόσεων (ESG vs. Benchmarks).....σελ.	53
5.5.1 Δείκτης Sharpe (Risk-Adjusted Performance).....σελ.	53
5.5.2 Σωρευτικές Αποδόσεις (Cumulative Returns).....σελ.	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑσελ.	59
6.1 Σύνοψη Κυρίων Ευρημάτων.....σελ.	59
6.2 Επενδυτικές και Πολιτικές Προεκτάσεις.....σελ.	60
6.3 Περιορισμοί της Μελέτης.....σελ.	61
6.4 Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα.....σελ.	63
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑσελ.	65
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑσελ.	71
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. Κώδικες Python.....σελ.	71
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β. Μεθοδολογία Υπολογισμών (Excel).....σελ.	81

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία πραγματεύεται τη συγκριτική αξιολόγηση της χρηματοοικονομικής απόδοσης και του κινδύνου μεταξύ δεικτών που ενσωματώνουν κριτήρια Περιβάλλοντος, Κοινωνίας και Διακυβέρνησης (Environmental, Social, and Governance - ESG) και συμβατικών δεικτών αναφοράς (Benchmarks). Στο παρόν κεφάλαιο τίθεται το γενικότερο πλαίσιο της έρευνας, αναλύεται η αναγκαιότητα στροφής προς τις βιώσιμες επενδύσεις και παρουσιάζονται οι δείκτες που επελέγησαν. Στη συνέχεια, διατυπώνονται τα ερευνητικά ερωτήματα που καλείται να απαντήσει η μελέτη μέσω προηγμένων οικονομετρικών μεθόδων, προσδιορίζεται η συνεισφορά της στην υπάρχουσα βιβλιογραφία και, τέλος, παρουσιάζεται η δομή της εργασίας.

1.1 Γενικό Πλαίσιο: Η Άνοδος των Επενδύσεων ESG

Τις τελευταίες δεκαετίες, το παγκόσμιο χρηματοπιστωτικό σύστημα βιώνει έναν θεμελιώδη μετασχηματισμό. Η παραδοσιακή θεώρηση, η οποία έθετε ως μοναδικό στόχο τη μεγιστοποίηση της βραχυπρόθεσμης κερδοφορίας των μετόχων (Shareholder Value), δίνει σταδιακά τη θέση της σε μια πιο ολιστική προσέγγιση που λαμβάνει υπόψη τα συμφέροντα όλων των ενδιαφερόμενων μερών (Stakeholder Value) και τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα (Friede et al., 2015).

Η κλιματική αλλαγή, η εξάντληση των φυσικών πόρων και οι αυξανόμενες κοινωνικές ανισότητες δεν αποτελούν πλέον μόνο ηθικά ή περιβαλλοντικά ζητήματα, αλλά αναγνωρίζονται ως συστημικοί χρηματοοικονομικοί κίνδυνοι. Θεσμικοί επενδυτές, διαχειριστές κεφαλαίων και ρυθμιστικές αρχές αναγνωρίζουν ότι η μη ενσωμάτωση των κριτηρίων ESG στις επενδυτικές αποφάσεις μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές απώλειες κεφαλαίου, λόγω ρυθμιστικών προστίμων, κινδύνων φήμης ή φυσικών καταστροφών (Albuquerque et al., 2019; Broadstock et al., 2021).

Ορόσημο σε αυτή την εξέλιξη αποτέλεσε η Συμφωνία του Παρισιού για το Κλίμα (2015) και η υιοθέτηση των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης (SDGs) από τα Ηνωμένα Έθνη. Παράλληλα, πρωτοβουλίες όπως οι Αρχές για Υπεύθυνες Επενδύσεις (Principles for Responsible Investment - PRI) έχουν κινητοποιήσει τρισεκατομμύρια δολάρια προς

βιώσιμες τοποθετήσεις. Ως αποτέλεσμα, η αγορά των ESG επενδύσεων έχει πάψει να αποτελεί μια εξειδικευμένη "κόγχη" (Niche Market) και έχει μετατραπεί σε κυρίαρχη επενδυτική στρατηγική (Mainstream), με τους σχετικούς δείκτες να προσελκύουν αυξανόμενες εισροές κεφαλαίων, ειδικά σε περιόδους αβεβαιότητας και γεωπολιτικών αναταραχών (Nofsinger & Varma, 2014; Papla & Siedlecki, 2024).

1.2 Ο Ρόλος και η Σημασία των Δεικτών MSCI

Για τη διεξαγωγή της παρούσας έρευνας, επιλέχθηκε η οικογένεια δεικτών της MSCI (Morgan Stanley Capital International), η οποία αποτελεί έναν από τους κορυφαίους και πλέον αξιόπιστους παρόχους εργαλείων υποστήριξης επενδυτικών αποφάσεων παγκοσμίως. Οι δείκτες MSCI θεωρούνται το «χρυσό πρότυπο» (Gold Standard) για τους θεσμικούς επενδυτές, καθώς προσφέρουν μια συνεπή και διαφανή μεθοδολογία για τη μέτρηση της απόδοσης των αγορών σε διεθνές επίπεδο (Gupta & Subramanian, 2014; MSCI, 2025e).

Η σημασία της οικογένειας δεικτών της MSCI έγκειται στη δυνατότητά τους να παρέχουν αξιόπιστα μέτρα σύγκρισης. Συγκεκριμένα, οι ευρύτεροι δείκτες της αγοράς λειτουργούν ως σημεία αναφοράς (Benchmarks), ορίζοντας τον πήχη της αγοράς. Αυτό επιτρέπει στην παρούσα μελέτη και κατ' επέκταση στους επενδυτές να αξιολογούν την απόδοση των εξειδικευμένων στρατηγικών ESG, συγκρίνοντάς τους άμεσα με αυτούς τους συμβατικούς δείκτες αναφοράς. Στο πλαίσιο αυτό, η MSCI έχει αναπτύξει εξειδικευμένους δείκτες ESG, οι οποίοι δεν περιορίζονται απλώς στον αποκλεισμό επιβλαβών κλάδων (Negative Screening^[1]), αλλά ενσωματώνουν εξελιγμένες μεθοδολογίες αξιολόγησης κινδύνων και ευκαιριών που σχετίζονται με το περιβάλλον, την κοινωνία και την εταιρική διακυβέρνηση.

[1] Η στρατηγική του Negative Screening (Αρνητικός Έλεγχος) αφορά την εξαίρεση συγκεκριμένων κλάδων ή εταιρειών από ένα επενδυτικό χαρτοφυλάκιο βάσει ηθικών κριτηρίων, όπως π.χ. η καπνοβιομηχανία, τα τυχερά παίγνια ή η παραγωγή όπλων (CFA Institute, GSIA & PRI, 2023).

Στην παρούσα μελέτη, η χρήση των δεικτών MSCI είναι κρίσιμης σημασίας για δύο λόγους. Πρώτον, εξασφαλίζει την ομοιογένεια των δεδομένων, καθώς όλοι οι δείκτες (συμβατικοί και ESG) υπολογίζονται με την ίδια βασική μεθοδολογία, επιτρέποντας την άμεση και δίκαιη σύγκρισή τους. Δεύτερον, οι συγκεκριμένοι δείκτες που επιλέχθηκαν (όπως οι SRI, Low Carbon Leaders και Paris Aligned) αντιπροσωπεύουν διαφορετικές στρατηγικές προσέγγισης της βιωσιμότητας, από τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα έως την πλήρη ευθυγράμμιση με τους στόχους της Συμφωνίας του Παρισιού (Briand et al., 2015; Gabriel et al., 2022). Μέσω αυτών των δεικτών, η αγορά αποκτά μετρήσιμα μεγέθη για το πώς η ενσωμάτωση ESG κριτηρίων επηρεάζει τελικά το προφίλ κινδύνου και απόδοσης μιας επένδυσης.

1.3 Σκοπός της Μελέτης και Ερευνητικά Ερωτήματα

Ο κύριος σκοπός αυτής της εργασίας είναι να διερευνήσει συγκριτικά τη χρηματοοικονομική συμπεριφορά επιλεγμένων δεικτών ESG έναντι των συμβατικών δεικτών αναφοράς (Benchmarks) της MSCI. Παρόλο που η βιβλιογραφία έχει ασχοληθεί εκτενώς με τη σχέση ESG και απόδοσης (Friede et al., 2015), παραμένει ανοιχτό το ερώτημα κατά πόσο οι διαφορετικές στρατηγικές προσφέρουν πραγματική θωράκιση έναντι του κινδύνου σε περιόδους έντονης αβεβαιότητας, όπως η χρηματιστηριακή κατάρρευση του Μαρτίου 2020 λόγω της πανδημίας αλλά και οι γεωπολιτικές αναταραχές του 2022 (Garel & Petit-Romec, 2021; Giese & Shah, 2025).

Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, η μελέτη εστιάζει στην ανάλυση της μεταβλητότητας και της δομής των αποδόσεων. Μέσω της χρήσης σύγχρονων οικονομετρικών εργαλείων, όπως τα υποδείγματα της οικογένειας GARCH και τα μοντέλα αλλαγής καθεστώτος (Markov Regime Switching), επιχειρείται η χαρτογράφηση του προφίλ κινδύνου και η αξιολόγηση της ανθεκτικότητας των «πράσινων» επενδύσεων.

Συγκεκριμένα, η έρευνα επικεντρώνεται στην απάντηση των παρακάτω τριών βασικών ερωτημάτων:

1. Προσφέρουν οι δείκτες ESG ανώτερες αποδόσεις προσαρμοσμένες στον κίνδυνο (risk-adjusted returns) σε σύγκριση με τους παραδοσιακούς δείκτες της αγοράς;

2. Εμφανίζουν οι στρατηγικές ESG χαμηλότερη μεταβλητότητα και πιο σταθερό προφίλ κινδύνου μακροπρόθεσμα;
3. Λειτουργούν οι δείκτες ESG ως «ασφαλή καταφύγια» σε περιόδους χρηματοπιστωτικών κρίσεων και υψηλής αβεβαιότητας;

1.4 Συνεισφορά της Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία φιλοδοξεί να συνεισφέρει στην υπάρχουσα βιβλιογραφία της βιώσιμης χρηματοδότησης (Sustainable Finance) μέσω μιας πολυδιάστατης μεθοδολογικής προσέγγισης, η οποία υπερβαίνει την απλή σύγκριση μέσων αποδόσεων. Η προστιθέμενη αξία της έρευνας εντοπίζεται σε τρία βασικά επίπεδα.

Πρώτον, σε μεθοδολογικό επίπεδο, η μελέτη συνδυάζει την κλασική ανάλυση χαρτοφυλακίου (Sharpe Ratio) με προηγμένα οικονομετρικά εργαλεία ανάλυσης χρονοσειρών. Η εφαρμογή των υποδειγμάτων GARCH επιτρέπει τη δυναμική εκτίμηση της μεταβλητότητας, ενώ η χρήση των μοντέλων Markov Regime Switching (MRS) προσφέρει μια καινοτόμα οπτική για τη συμπεριφορά των ESG δεικτών σε διαφορετικές φάσεις του οικονομικού κύκλου. Με τον τρόπο αυτό, η έρευνα δεν απαντά μόνο στο αν οι ESG επενδύσεις είναι αποδοτικές, αλλά και στο αν παρουσιάζουν δομική ανθεκτικότητα σε περιόδους υψηλής αβεβαιότητας.

Δεύτερον, η μελέτη συνεισφέρει στην εξειδίκευση των στρατηγικών ESG. Αντί να αντιμετωπίζει τις βιώσιμες επενδύσεις ως μία ενιαία κατηγορία, εξετάζει ξεχωριστά και συγκριτικά διαφορετικές προσεγγίσεις, όπως η ελαχιστοποίηση του άνθρακα (Low Carbon), η κοινωνική υπευθυνότητα (SRI) και η ηγεσία σε θέματα διακυβέρνησης (ESG Leaders). Η διάκριση αυτή είναι κρίσιμη για την κατανόηση των διαφορετικών προφίλ κινδύνου-απόδοσης που προσφέρει η κάθε στρατηγική.

Τέλος, η εργασία προσφέρει επικαιροποιημένα εμπειρικά δεδομένα, καλύπτοντας μια κομβική χρονική περίοδο που περιλαμβάνει την υγειονομική κρίση του COVID-19 και τις γεωπολιτικές αναταραχές των τελευταίων ετών. Τα ευρήματα της μελέτης αναμένεται να αποτελέσουν χρήσιμο οδηγό για θεσμικούς και ιδιώτες επενδυτές που επιδιώκουν να

ενσωματώσουν κριτήρια ESG στα χαρτοφυλάκιά τους, όχι μόνο για λόγους ηθικής, αλλά και ως εργαλείο διαχείρισης κινδύνου.

1.5 Δομή της Εργασίας

Συνολικά, διαρθρώνονται έξι κεφάλαια, τα οποία παρουσιάζουν βήμα προς βήμα τη σχέση μεταξύ των ESG κριτηρίων και της χρηματοοικονομικής απόδοσης. Η δομή έχει ως εξής:

- **Κεφάλαιο 1:** Παρουσιάζει το εισαγωγικό πλαίσιο, τη σημασία της βιώσιμης χρηματοδότησης, τον ρόλο των δεικτών MSCI, τον σκοπό, τη συνεισφορά και τα ερωτήματα της έρευνας.
- **Κεφάλαιο 2:** Περιλαμβάνει τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, αναλύοντας τις θεωρητικές προσεγγίσεις γύρω από το ESG, τη σχέση του με τον κίνδυνο και τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών.
- **Κεφάλαιο 3:** Περιγράφει τα δεδομένα της μελέτης, παρουσιάζοντας αναλυτικά τους 14 δείκτες που επιλέχθηκαν (ESG και Benchmarks), τα χαρακτηριστικά τους και τη χρονική περίοδο της ανάλυσης.
- **Κεφάλαιο 4:** Αναλύει την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Περιγράφονται τα οικονομετρικά εργαλεία (Έλεγχοι Στασιμότητας ADF, Έλεγχοι ARCH), οι δείκτες αξιολόγησης απόδοσης (Sharpe Ratio), καθώς και τα υποδείγματα εκτίμησης μεταβλητότητας (GARCH, Markov Regime Switching).
- **Κεφάλαιο 5:** Παρουσιάζει τα εμπειρικά αποτελέσματα της έρευνας. Γίνεται η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων και η ερμηνεία των ευρημάτων σε σχέση με τα ερευνητικά ερωτήματα.
- **Κεφάλαιο 6:** Συνοψίζει τα συμπεράσματα της μελέτης, συζητά τους περιορισμούς της έρευνας και προτείνει κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο παραθέτει την κριτική επισκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας σχετικά με τις επενδύσεις ESG (Environmental, Social, Governance). Αρχικά, αναλύεται το θεωρητικό πλαίσιο μετάβασης από την Εταιρική Κοινωνική Ευθύνη (ΕΚΕ) στη Βιώσιμη Χρηματοδότηση. Στη συνέχεια, εξετάζεται η σχέση μεταξύ ESG βαθμολογίας και χρηματοοικονομικής απόδοσης, καθώς και ο ρόλος των ESG δεικτών στη μείωση του συστηματικού κινδύνου. Τέλος, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη συμπεριφορά των δεικτών αυτών σε περιόδους κρίσεων, καθώς και στη μεθοδολογία των δεικτών αναφοράς (Benchmarks) που χρησιμοποιούνται για συγκριτική αξιολόγηση.

2.1 Θεωρητικό Πλαίσιο Βιώσιμης Χρηματοδότησης

Η έννοια της εταιρικής ευθύνης έχει υποστεί σημαντικούς μετασχηματισμούς τις τελευταίες δεκαετίες, μεταβαίνοντας από μια περιφερειακή επιχειρηματική δραστηριότητα σε κεντρικό πυλώνα της σύγχρονης χρηματοοικονομικής θεωρίας. Ιστορικά, η κυρίαρχη άποψη, όπως εκφράστηκε από τον Milton Friedman, υποστήριζε ότι η μοναδική κοινωνική ευθύνη μιας επιχείρησης είναι η μεγιστοποίηση των κερδών για τους μετόχους της (Latinovic & Obradovic, 2013). Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση της μονοδιάστατης δημιουργίας αξίας (Shareholder Value) έχει δεχθεί έντονη κριτική, καθώς συχνά οδηγούσε τις επιχειρήσεις να αγνοούν το μακροπρόθεσμο κοινωνικό και περιβαλλοντικό κόστος των δραστηριοτήτων τους (Fatemi & Fooladi, 2013).

Στη σύγχρονη εποχή, παρατηρείται μια σαφής «αλλαγή παραδείγματος» (paradigm shift) προς τη Βιώσιμη Χρηματοδότηση (Sustainable Finance). Σύμφωνα με τους Fatemi και Fooladi (2013), το νέο αυτό μοντέλο αναγνωρίζει ότι η δημιουργία βιώσιμης αξίας απαιτεί τη ρητή ενσωμάτωση όλων των ενδιαφερόμενων μερών (Stakeholders) και όχι μόνο των μετόχων. Σε αυτό το πλαίσιο, ο όρος ESG ήρθε να αντικαταστήσει και να εξελίξει την παλαιότερη έννοια της Εταιρικής Κοινωνικής Ευθύνης (ΕΚΕ). Ενώ η ΕΚΕ είχε συχνά ποιοτικό και ενίοτε φιλανθρωπικό χαρακτήρα, το ESG προσφέρει μετρήσιμα ποσοτικά κριτήρια που επιτρέπουν στους επενδυτές να αξιολογούν τους κινδύνους και τις

ευκαιρίες που προκύπτουν από μη χρηματοοικονομικούς παράγοντες (Capelle-Blancard & Petit, 2019).

Σύμφωνα με τους CFA Institute, GSIA και PRI (2023), οι τρεις πυλώνες του ESG αναλύονται ως εξής:

- Το Περιβάλλον (Environmental) εστιάζει στην κλιματική αλλαγή, τις εκπομπές άνθρακα και τη διαχείριση φυσικών πόρων.
- Η Κοινωνία (Social) εξετάζει τις εργασιακές συνθήκες, τα ανθρώπινα δικαιώματα και τις σχέσεις με την κοινότητα.
- Η Εταιρική Διακυβέρνηση (Governance) αφορά τη δομή του διοικητικού συμβουλίου, τη διαφάνεια, την ηθική και τα δικαιώματα των μετόχων.

Η μετάβαση αυτή δεν είναι απλώς ηθική αλλά βαθιά οικονομική, καθώς η ενσωμάτωση των ESG κριτηρίων θεωρείται πλέον απαραίτητη για τη διασφάλιση της μακροπρόθεσμης ανθεκτικότητας και κερδοφορίας των επιχειρήσεων σε ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο παγκόσμιο περιβάλλον (Albuquerque et al., 2019; Friede et al., 2015).

2.2 Παρουσίαση των Εξεταζόμενων Δεικτών MSCI

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται αναλυτικά οι δεκατέσσερις (14) δείκτες που επιλέχθηκαν για την εμπειρική διερεύνηση της μελέτης. Όλοι οι δείκτες προέρχονται από την οικογένεια δεικτών της MSCI (Morgan Stanley Capital International), διασφαλίζοντας έτσι τη μεθοδολογική συνέπεια και τη συγκρισιμότητα των δεδομένων^[2].

Για τις ανάγκες της παρούσας ανάλυσης και τη διευκόλυνση της παρουσίασης, οι δείκτες ομαδοποιήθηκαν σε τέσσερις κατηγορίες, με βάση τον κυρίαρχο θεματικό τους προσανατολισμό. Παρόλο που οι μεθοδολογίες της MSCI συχνά ενσωματώνουν συνδυαστικά κριτήρια ESG (για παράδειγμα, ένας περιβαλλοντικός δείκτης μπορεί να εφαρμόζει και κοινωνικούς αποκλεισμούς), στην παρούσα μελέτη η διάκριση γίνεται με γνώμονα τον βασικό πυλώνα στόχευσης του κάθε δείκτη. Συγκεκριμένα, εξετάζονται

[2] Όλοι οι δείκτες της MSCI κατασκευάζονται βάσει της μεθοδολογίας GIMI (Global Investable Market Indexes). Η μεθοδολογία αυτή εξασφαλίζει πλήρη κάλυψη και μη αλληλοκαλυπτόμενα (non-overlapping) μεγέθη, καλύπτοντας το 99% της παγκόσμιας επενδυτικής ευκαιρίας (MSCI, 2025e).

δείκτες που εστιάζουν πρωτίστως στο Περιβάλλον (Environmental), στην Κοινωνία (Social) και στην Εταιρική Διακυβέρνηση (Governance), καλύπτοντας γεωγραφικά τόσο την παγκόσμια αγορά (World) όσο και την αγορά των ΗΠΑ (USA). Τέλος, παρουσιάζονται οι συμβατικοί δείκτες κεφαλαιοποίησης, οι οποίοι λειτουργούν ως σημεία αναφοράς (Benchmarks).

2.2.1 Περιβαλλοντικοί Δείκτες

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τέσσερις (4) δείκτες που εντάσσονται στον Περιβαλλοντικό πυλώνα (Environmental) του ESG. Οι δείκτες αυτοί έχουν σχεδιαστεί για να αντιμετωπίσουν τους κινδύνους που απορρέουν από την κλιματική αλλαγή και τη μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα.

Ο πρώτος δείκτης είναι ο MSCI World Climate Change Paris Aligned Select PAB Index, ο οποίος εφεξής θα αναφέρεται ως «1. Paris». Πρόκειται για έναν δείκτη που κατασκευάζεται με βάση τον μητρικό δείκτη MSCI World και περιλαμβάνει εταιρείες μεγάλης και μεσαίας κεφαλαιοποίησης από τις Ανεπτυγμένες Αγορές. Σχεδιάστηκε για να ευθυγραμμίζεται πλήρως με τους στόχους της Συμφωνίας του Παρισιού (1.5°C) και πληροί τις αυστηρές προδιαγραφές της E.E. για τους δείκτες Paris Aligned Benchmarks (PAB), στοχεύοντας στη δραστική μείωση της έντασης άνθρακα και τον αποκλεισμό εταιρειών ορυκτών καυσίμων (MSCI, 2025a; Selmi, 2023).

Ο δεύτερος δείκτης είναι ο MSCI World Climate Change CTB Index, εφεξής καλούμενος ως «2. World Climate». Βασίζεται επίσης στον δείκτη MSCI World, αλλά ακολουθεί τις προδιαγραφές για τους δείκτες Μετάβασης Κλίματος (Climate Transition Benchmarks - CTB). Η μεθοδολογία του χρησιμοποιεί το σκορ Μετάβασης Χαμηλού Άνθρακα (Low Carbon Transition score) για να αυξήσει τη βαρύτητα εταιρειών που προσφέρουν περιβαλλοντικές λύσεις και να μειώσει την έκθεση σε εταιρείες που κινδυνεύουν από την μετάβαση, χωρίς όμως να αποκλείει πλήρως όλους τους κλάδους (MSCI, 2025b; Engler et al., 2024).

Ο τρίτος δείκτης, ο MSCI ACWI Low Carbon Target Index εφεξής ως «3. Low Carbon», εστιάζει στην παγκόσμια αγορά (All Country World Index). Η μεθοδολογία του

είναι βελτιστοποιημένη ώστε να επιτυγχάνει δύο συγκεκριμένους στόχους. Αρχικά, την μείωση των εκπομπών άνθρακα (carbon emissions) και στη συνέχεια την μείωση των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων (fossil fuel reserves), ελαχιστοποιώντας παράλληλα το σφάλμα παρακολούθησης (tracking error) σε σχέση με τον δείκτη αναφοράς (MSCI, 2025c; Kim, 2023).

Τέλος, εξετάζεται ο MSCI EAFE ex Fossil Fuels Index, εφεξής «4. EAFE». Ο δείκτης αυτός καλύπτει τις αγορές της Ευρώπης, Αυστραλασίας και Άπω Ανατολής (EAFE) και υιοθετεί μια στρατηγική αρνητικού αποκλεισμού (negative screening). Συγκεκριμένα, αποκλείει πλήρως από το χαρτοφυλάκιο τις εταιρείες που κατέχουν αποθέματα ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιούνται για ενεργειακούς σκοπούς, προσφέροντας μια λύση για επενδυτές που επιθυμούν πλήρη απεξάρτηση από τον άνθρακα (MSCI, 2024a; Blitz, 2022).

2.2.2 Κοινωνικοί Δείκτες

Η δεύτερη κατηγορία αφορά τέσσερις (4) δείκτες που εστιάζουν στον Κοινωνικό πυλώνα (Social), επιλέγοντας εταιρείες με υψηλές επιδόσεις σε κρίσιμα ζητήματα όπως τα ανθρώπινα δικαιώματα, οι εργασιακές σχέσεις και η ισότητα των φύλων.

Αρχικά, εξετάζεται ο MSCI KLD 400 Social Index, ο οποίος στην παρούσα μελέτη θα ονομάζεται εν συντομία «5. KLD400». Πρόκειται για έναν ιστορικό δείκτη της αμερικανικής αγοράς, που λειτουργεί από το 1990 και περιλαμβάνει 400 εταιρείες με εξαιρετικές αξιολογήσεις ESG. Η μεθοδολογία του εφαρμόζει αυστηρά κριτήρια αποκλεισμού για κλάδους όπως ο τζόγος, ο καπνός, τα όπλα και η πυρηνική ενέργεια, στοχεύοντας στην ανάδειξη εταιρειών με θετικό κοινωνικό αντίκτυπο (MSCI, 2024b; Raghunandan & Rajgopal, 2020).

Ακολουθεί ο MSCI ACWI SRI 5% Issuer Capped Index, που θα αναφέρεται εφεξής ως «6. ACWI SRI 5%». Ο δείκτης αυτός καλύπτει το φάσμα της παγκόσμιας αγοράς (Ανεπτυγμένες και Αναδυόμενες χώρες) και υιοθετεί τη στρατηγική της Κοινωνικά Υπεύθυνης Επένδυσης (SRI). Επιλέγει εταιρείες με τις υψηλότερες βαθμολογίες ESG στον

κλάδο τους, θέτοντας παράλληλα ανώτατο όριο βαρύτητας (cap) 5% ανά εκδότη για την εξασφάλιση μεγαλύτερης διασποράς (MSCI, 2017; Managi & Okimoto, 2012).

Στο ίδιο πλαίσιο κινείται και ο MSCI WORLD SRI Filtered PAB Index, με τη συντομογραφία «7. World SRI». Ο συγκεκριμένος δείκτης συνδυάζει τα κοινωνικά κριτήρια SRI με τους περιβαλλοντικούς στόχους. Βασίζεται στον δείκτη MSCI World και, πέραν των φίλτρων για αμφιλεγόμενες δραστηριότητες, είναι σχεδιασμένος ώστε να ευθυγραμμίζεται με τους στόχους της Συμφωνίας του Παρισιού (PAB), επιβάλλοντας αυστηρούς περιορισμούς στις εκπομπές άνθρακα (MSCI, 2025d; Heldmann et al., 2025).

Η ενότητα ολοκληρώνεται με τον MSCI Japan Empowering Women Index (WIN), εφεξής «8. Japan Empowering Women». Ως μέρος της θεματικής οικογένειας δεικτών της MSCI για την Ιαπωνία, ο δείκτης αυτός προάγει την ποικιλομορφία των φύλων (gender diversity). Η επιλογή των εταιρειών βασίζεται στην ηγετική τους στάση όσον αφορά την προώθηση των γυναικών στο εργατικό δυναμικό και τη διοίκηση, καθώς και στην υιοθέτηση πολιτικών ισότητας στον εργασιακό χώρο (MSCI, 2024c; Mehrotra et al., 2024).

2.2.3 Δείκτες Διακυβέρνησης

Η τρίτη κατηγορία της μελέτης περιλαμβάνει τέσσερις (4) δείκτες που δίνουν έμφαση στην Εταιρική Διακυβέρνηση (Governance) και στην ανάδειξη εταιρειών-ηγετών (Leaders) σε θέματα ESG, αξιολογώντας την ποιότητα της διοίκησης, τη δομή του διοικητικού συμβουλίου και τη συνολική εταιρική συμπεριφορά.

Η ανάλυση ξεκινά με τον MSCI Japan Governance-Quality Index, ο οποίος εφεξής θα αναφέρεται ως «9. Japan Governance». Εστιάζοντας στην ιαπωνική αγορά, ο δείκτης αυτός σχεδιάστηκε για να εντοπίζει εταιρείες που επιδεικνύουν ισχυρές πρακτικές διακυβέρνησης σε συνδυασμό με ποιοτικά χρηματοοικονομικά χαρακτηριστικά. Η μεθοδολογία του αξιολογεί τις εταιρείες με βάση κριτήρια όπως η ανεξαρτησία του Διοικητικού Συμβουλίου και η αποτελεσματικότητα της διοίκησης, αποκλείοντας εκείνες που υστερούν σε θέματα εταιρικής ηθικής (MSCI, 2024d; Aman et al., 2020; Buchholz et al., 2018).

Στην ίδια γεωγραφική περιοχή δραστηριοποιείται και ο MSCI Japan ESG Select Leaders Index, που θα καλείται εφεξής «10. Japan ESG Select». Στοχεύει στην επιλογή ιαπωνικών εταιρειών που διακρίνονται για τις υψηλές επιδόσεις τους σε θέματα ESG (Environmental, Social, Governance) συγκριτικά με τους ανταγωνιστές τους στον ίδιο κλάδο (Best-in-Class προσέγγιση). Ο συγκεκριμένος δείκτης χρησιμοποιείται ευρέως από μεγάλους θεσμικούς επενδυτές, όπως το Κρατικό Συνταξιοδοτικό Ταμείο της Ιαπωνίας (GPIF), για την προώθηση υπεύθυνων επενδυτικών πρακτικών (MSCI, 2024e; Ito et al., 2024; Tadoori & Kiran, 2023).

Ακολούθως, εξετάζεται ο MSCI USA Extended ESG Leaders Index, με τη συντομογραφία «11. USA Extended». Βασίζεται στον δείκτη MSCI USA και περιλαμβάνει εταιρείες μεγάλης και μεσαίας κεφαλαιοποίησης της αμερικανικής αγοράς. Η μεθοδολογία του ακολουθεί την προσέγγιση «ESG Leaders», επιλέγοντας εταιρείες με τις υψηλότερες βαθμολογίες ESG σε κάθε κλάδο, καλύπτοντας το 50% της κεφαλαιοποίησης του μητρικού δείκτη, ενώ παράλληλα αποκλείει αυστηρά οντότητες που εμπλέκονται σε αμφιλεγόμενες δραστηριότητες (MSCI, 2023; Gubareva et al., 2023; Lakkis, 2022).

Η ενότητα ολοκληρώνεται με τον MSCI World ex Australia Custom ESG Leaders Index, εν συντομία «12. World ex Australia». Πρόκειται για έναν εξειδικευμένο (custom) δείκτη που καλύπτει τις ανεπτυγμένες αγορές παγκοσμίως, εξαιρώντας την Αυστραλία. Ακολουθεί πιστά τη μεθοδολογία των ESG Leaders, επιλέγοντας εταιρείες με υψηλή βαθμολογία ESG και αποκλείοντας εκείνες που εμπλέκονται σε σοβαρές περιβαλλοντικές ή κοινωνικές παραβάσεις. Η εξαίρεση της Αυστραλίας τον καθιστά χρήσιμο εργαλείο για επενδυτές που διαθέτουν ήδη έκθεση στην τοπική αγορά και επιθυμούν διεθνή διασπορά χωρίς επικαλύψεις (MSCI, 2024f; Bian et al., 2016; Cheong et al., 2024).

2.2.4 Δείκτες Αναφοράς (Non-ESG Benchmarks)

Η τέταρτη και τελευταία κατηγορία περιλαμβάνει τους δύο (2) βασικούς δείκτες κεφαλαιοποίησης, οι οποίοι λειτουργούν ως μέτρο σύγκρισης (benchmarks) για την αξιολόγηση της απόδοσης των θεματικών δεικτών ESG που αναλύθηκαν προηγουμένως.

Αρχικά, παρουσιάζεται ο MSCI World Index, με συντομογραφία «13. World Index». Αποτελεί τον πλέον αναγνωρισμένο δείκτη για τις μετοχές των Ανεπτυγμένων Αγορών παγκοσμίως. Καλύπτει εταιρείες μεγάλης και μεσαίας κεφαλαιοποίησης σε 23 χώρες, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 85% της ελεύθερης διαπραγματεύσιμης κεφαλαιοποίησης κάθε χώρας. Λειτουργεί ως ο «μητρικός» δείκτης για την πλειονότητα των περιβαλλοντικών και κοινωνικών δεικτών που εξετάζονται στην παρούσα μελέτη (MSCI, 2025e; Ha Do et al., 2025).

Τέλος, η παρουσίαση των δεδομένων ολοκληρώνεται με τον MSCI USA Index, με τη συντομογραφία «14. USA Index». Ο δείκτης αυτός εστιάζει αποκλειστικά στην αγορά των Ηνωμένων Πολιτειών, παρακολουθώντας την απόδοση εταιρειών μεγάλης και μεσαίας κεφαλαιοποίησης. Αποτελεί το πρότυπο αναφοράς για τους επιμέρους δείκτες που αφορούν την αμερικανική αγορά (όπως ο 5. KLD 400 και ο 11. USA Extended), ακολουθώντας την ενιαία μεθοδολογία Global Investable Market Indexes (GIMI) της MSCI (MSCI, 2025e; Boman & Jangenså, 2017; Jain et al., 2019). Προς διευκόλυνση της περαιτέρω ανάλυσης, ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας με τις συντομεύσεις των παραπάνω δεικτών:

Πίνακας 2.1: Λίστα Εξεταζόμενων Δεικτών και Συντομογραφίες

A/A	Πλήρης Ονομασία Δείκτη (MSCI)	Κατηγορία	Συντομογραφία
ESG Indexes			
1.	MSCI World Climate Change Paris Aligned Select PAB Index	Environmental	1. Paris
2.	MSCI World Climate Change Index		2. World Climate
3.	MSCI ACWI Low Carbon Target Index		3. Low Carbon
4.	MSCI EAFE ex Fossil Fuels Index		4. EAFE
5.	MSCI KLD 400 Social Index	Social	5. KLD400
6.	MSCI ACWI SRI 5% Issuer Capped Index		6. ACWI SRI 5%
7.	MSCI WORLD SRI Filtered PAB Index		7. World SRI
8.	MSCI Japan Empowering Women Index (WIN)		8. Japan Empowering Women
9.	MSCI Japan Governance-Quality Index	Governance	9. Japan Governance
10.	MSCI Japan ESG Select Leaders Index		10. Japan ESG Select
11.	MSCI USA Extended ESG Leaders Index		11. USA Extended
12.	MSCI World ex Australia Custom ESG Leaders Index		12. World ex Australia
non-ESG Indexes			
13.	MSCI World Index	(Benchmark)	13. World Index
14.	MSCI USA Index		14. USA Index

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν αναλυτικά τα χαρακτηριστικά και η μεθοδολογία κατασκευής των δεικτών ESG, καθώς και των δεικτών αναφοράς που αποτελούν το αντικείμενο της παρούσας μελέτης. Το παρόν κεφάλαιο εστιάζει στην ποσοτική διάσταση της έρευνας, περιγράφοντας τη βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε και παραθέτοντας την προκαταρκτική στατιστική ανάλυση των χρονοσειρών.

Σκοπός του κεφαλαίου είναι να προσδιορίσει την προέλευση και τη φύση των ιστορικών δεδομένων, να αιτιολογήσει τους μετασχηματισμούς που εφαρμόστηκαν στις τιμές των δεικτών και να σκιαγραφήσει τη στατιστική τους συμπεριφορά μέσω της περιγραφικής στατιστικής.

Πιο συγκεκριμένα, στην ενότητα 3.1 προσδιορίζονται οι πηγές των δεδομένων και το χρονικό εύρος της δειγματοληψίας. Στην ενότητα 3.2 αναλύεται η διαδικασία μετατροπής των τιμών κλεισίματος σε λογαριθμικές αποδόσεις, μια απαραίτητη διαδικασία για την ορθή οικονομετρική ανάλυση. Τέλος, στην ενότητα 3.3 παρουσιάζονται τα βασικά περιγραφικά στατιστικά μεγέθη (όπως η μέση απόδοση και η τυπική απόκλιση) και πραγματοποιείται έλεγχος κανονικότητας της κατανομής των αποδόσεων, προκειμένου να βγάλουμε τα πρώτα συμπεράσματα σχετικά με το προφίλ κινδύνου και απόδοσης των εξεταζόμενων δεικτών.

3.1 Περιγραφή Δεδομένων και Πηγών

Για την εκπόνηση της εμπειρικής ανάλυσης, αντλήθηκαν ιστορικά δεδομένα ημερήσιων τιμών κλεισίματος (daily closing prices) για το σύνολο των δεκατεσσάρων (14) δεικτών που παρουσιάστηκαν αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο (βλ. Πίνακα 2.1).

Η χρονική περίοδος της μελέτης εκτείνεται από την 1η Ιανουαρίου 2015 έως την 31η Δεκεμβρίου 2024, καλύπτοντας μια πλήρη δεκαετία. Η επιλογή του συγκεκριμένου χρονικού παραθύρου επιτρέπει την εξέταση της συμπεριφοράς των δεικτών υπό διαφορετικές συνθήκες αγοράς, συμπεριλαμβανομένων περιόδων οικονομικής ανάπτυξης, αλλά και έντονης μεταβλητότητας, όπως η κρίση της πανδημίας COVID-19.

Ως πρωτογενής πηγή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ο επίσημος ιστότοπος της MSCI (Morgan Stanley Capital International)^[3], η οποία αποτελεί κορυφαίο πάροχο χρηματοοικονομικών δεδομένων και αναλύσεων διεθνώς (Fichtner et al., 2024). Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι όλοι οι δείκτες του δείγματος υπολογίζονται βάσει της ενιαίας μεθοδολογίας Global Investable Market Indexes (GIMI) της MSCI (MSCI, 2025e). Η κοινή αυτή μεθοδολογική βάση διασφαλίζει τη συνέπεια και τη συγκρισιμότητα των χρονοσειρών, καθώς όλοι οι δείκτες ακολουθούν τους ίδιους κανόνες ως προς το νόμισμα αποτίμησης (USD) και τη διαχείριση των εταιρικών πράξεων.

3.2 Μετασχηματισμός Δεδομένων (Λογαριθμικές Αποδόσεις)

Η αρχική βάση δεδομένων αποτελείται από τις ημερήσιες τιμές κλεισίματος (daily closing prices) των δεικτών. Ωστόσο, για τους σκοπούς της στατιστικής και οικονομετρικής ανάλυσης, οι χρονοσειρές των τιμών κρίνονται συχνά ακατάλληλες, καθώς παρουσιάζουν χαρακτηριστικά μη-στασιμότητας (non-stationarity). Για τον λόγο αυτό, οι τιμές μετασχηματίστηκαν σε ημερήσιες λογαριθμικές αποδόσεις (daily logarithmic returns).

Ο υπολογισμός των αποδόσεων πραγματοποιήθηκε με βάση τον ακόλουθο μαθηματικό τύπο:

$$R_t = \ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) \times 100$$

Όπου:

R_t : Η ημερήσια λογαριθμική απόδοση του δείκτη τη χρονική στιγμή t .

P_t : Η τιμή κλεισίματος του δείκτη την ημέρα t .

P_{t-1} : Η τιμή κλεισίματος του δείκτη την προηγούμενη ημέρα $t - 1$.

$\ln$: Ο φυσικός λογάριθμος.

[3] Διαθέσιμο στο: <https://www.msci.com> (MSCI, χ.χ.).

Η επιλογή των λογαριθμικών αποδόσεων έναντι των απλών αριθμητικών αποδόσεων υπαγορεύεται από σημαντικά θεωρητικά πλεονεκτήματα, όπως επισημαίνεται στη σχετική βιβλιογραφία (Brooks, 2019). Πρώτον, οι λογαριθμικές αποδόσεις διαθέτουν την ιδιότητα της προσθετικότητας (time additivity), γεγονός που διευκολύνει την αναγωγή των αποδόσεων σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Δεύτερον, τείνουν να ακολουθούν πιστότερα την κανονική κατανομή, μια υπόθεση που είναι κρίσιμη για την εγκυρότητα των παραμετρικών στατιστικών ελέγχων που θα εφαρμοστούν στη συνέχεια.

3.3 Προκαταρκτική Ανάλυση (Περιγραφική Στατιστική)

Στην παρούσα ενότητα παρατίθενται τα αποτελέσματα της περιγραφικής στατιστικής ανάλυσης για τις λογαριθμικές αποδόσεις των δεικτών του δείγματος. Σκοπός της προκαταρκτικής αυτής διερεύνησης είναι η κατανόηση των θεμελιωδών ιδιοτήτων των χρονοσειρών πριν από την εφαρμογή των κυρίως οικονομετρικών ελέγχων.

Συγκεκριμένα, η ανάλυση εστιάζει σε τέσσερις βασικές ροπές της κατανομής των αποδόσεων:

- Τη Μέση Τιμή (Mean), η οποία αποτελεί μέτρο της κεντρικής τάσης και ένδειξη της αναμενόμενης ημερήσιας απόδοσης.
- Την Τυπική Απόκλιση (Standard Deviation), η οποία χρησιμοποιείται ως το βασικό μέτρο μεταβλητότητας και, κατ' επέκταση, του επενδυτικού κινδύνου.
- Την Ασυμμετρία (Skewness), η οποία εξετάζει την κλίση της κατανομής σε σχέση με την κανονική (συμμετρική) κατανομή.
- Την Κύρτωση (Kurtosis), η οποία παρέχει πληροφορίες σχετικά με το πάχος των ουρών της κατανομής και την πιθανότητα εμφάνισης ακραίων τιμών (extreme values).

Η παρουσίαση οργανώνεται σε δύο υποενότητες. Αρχικά, παρατίθενται συγκεντρωτικά τα περιγραφικά στατιστικά μεγέθη για το σύνολο των δεικτών και στη συνέχεια ακολουθεί ο στατιστικός έλεγχος κανονικότητας (Jarque-Bera), προκειμένου να διαπιστωθεί κατά πόσον οι αποδόσεις ακολουθούν την κανονική κατανομή (Brooks, 2019).

3.3.1 Βασικά Περιγραφικά Στατιστικά

Για τη διεξαγωγή της περιγραφικής ανάλυσης, χρησιμοποιήθηκαν οι ημερήσιες λογαριθμικές αποδόσεις των δεκατεσσάρων (14) δεικτών της μελέτης, όπως αυτές υπολογίστηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Τα δεδομένα καλύπτουν την περίοδο από 01/01/2015 έως 31/12/2024, με το συνολικό πλήθος των παρατηρήσεων να ανέρχεται σε $N = 2.608$ για κάθε δείκτη. Οι υπολογισμοί των στατιστικών μεγεθών πραγματοποιήθηκαν μέσω του πακέτου Ανάλυσης Δεδομένων του λογισμικού Microsoft Excel.

Αρχικά, υπολογίζουμε την Μέση Ημερήσια Απόδοση ($\bar{r}$) η οποία εκφράζει την αναμενόμενη τιμή της απόδοσης του δείκτη, αποτελώντας το βασικό μέτρο για την εκτίμηση της μέσης κερδοφορίας της επένδυσης:

$$\bar{r} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N r_t$$

Ακολουθεί ο υπολογισμός της Τυπικής Απόκλισης (σ), η οποία αποτελεί το μέτρο της μεταβλητότητας, ποσοτικοποιώντας τον συνολικό κίνδυνο και την αβεβαιότητα των τιμών του δείκτη:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{t=1}^N (r_t - \bar{r})^2}$$

Στη συνέχεια, υπολογίζουμε το Συντελεστή Ασυμμετρίας (Skewness), ο οποίος μετρά την ασυμμετρία της κατανομής, ώστε να εντοπιστεί η τάση των αποδόσεων προς θετικές ή αρνητικές ακραίες τιμές (Jarque & Bera, 1980):

$$S = \frac{1}{N} \frac{\sum_{t=1}^N (r_t - \bar{r})^3}{\sigma^3}$$

Ενώ, σημαντικά συμπεράσματα θα βγάλουμε από την Κύρτωση (Kurtosis), η οποία μετρά το πάχος των ουρών της κατανομής (υπερβάλλουσα κύρτωση), αναδεικνύοντας την πιθανότητα εμφάνισης ακραίων γεγονότων (extreme events) σε σχέση με την κανονική κατανομή (Jarque & Bera, 1980):

$$K = \frac{1}{N} \frac{\sum_{t=1}^N (r_t - \bar{r})^4}{\sigma^4}$$

Ακολουθεί ο πίνακας με τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των παραπάνω δεικτών:

Πίνακας 3.1: Περιγραφικά Στατιστικά Ημερήσιων Λογαριθμικών Αποδόσεων

MSCI Δείκτης	Μέση Ημερήσια Απόδοση (%)	Τυπική Απόκλιση (%)	Ασυμμετρία	Κύρτωση*	Jarque-Bera	p-value
1. Paris	0,0365	0,9772	-0,9282	14,39	22.887,88	0,0000
2. World Climate	0,0356	0,9805	-0,9524	14,79	24.155,87	0,0000
3. Low Carbon	0,0273	0,9057	-1,0997	16,49	30.087,18	0,0000
4. EAFE	0,0098	0,9125	-0,8531	11,72	15.244,60	0,0000
5. KLD 400	0,0405	1,1462	-0,7503	15,19	25.307,32	0,0000
6. ACWI SRI 5%	0,0276	0,9070	-1,0102	16,47	29.925,78	0,0000
7. World SRI	0,0299	0,9392	-0,8849	15,39	26.092,31	0,0000
8. Japan Empowering Women	0,0168	1,1415	-0,2910	5,71	3.581,29	0,0000
9. Japan Governance	0,0180	1,1738	-0,1448	5,34	3.107,74	0,0000
10. Japan ESG Select	0,0196	1,1522	-0,2252	5,90	3.806,71	0,0000
11. USA Extended	0,0398	1,1227	-0,7661	16,02	28.130,34	0,0000
12. World ex Australia	0,0377	0,9832	-0,8826	15,09	25.083,58	0,0000
13. World Index	0,0297	0,9468	-1,0819	17,39	33.374,74	0,0000
14. USA Index	0,0403	1,1168	-0,8486	16,17	28.711,18	0,0000

*Σημείωση: Η Κύρτωση αναφέρεται στην υπερβάλλουσα κύρτωση (Excess Kurtosis).

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων του Πίνακα 3.1 προκύπτουν σημαντικά ευρήματα σχετικά με τη συμπεριφορά των δεικτών. Όσον αφορά τις αποδόσεις, ο δείκτης MSCI KLD 400 Social παρουσιάζει την υψηλότερη μέση ημερήσια απόδοση (0,0405%), ξεπερνώντας οριακά τον γενικό δείκτη αναφοράς MSCI USA Index (0,0403%). Το εύρημα αυτό ευθυγραμμίζεται με τη βιβλιογραφία που υποστηρίζει ότι η ενσωμάτωση κριτηρίων ESG δεν συνεπάγεται απαραίτητα θυσία των οικονομικών αποδόσεων (Καρρου & Οικονομου, 2016; Friede et al., 2015). Αντίθετα, οι χαμηλότερες μέσες αποδόσεις

καταγράφονται της δείκτες της Ιαπωνίας και στον περιβαλλοντικό δείκτη MSCI EAFE ex Fossil Fuels.

Ως προς τον κίνδυνο, οι δείκτες της Ιαπωνίας εμφανίζονται ως οι πιο ασταθείς, με τυπικές αποκλίσεις που κυμαίνονται από 1,14% έως 1,17%. Στον αντίποδα, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι περιβαλλοντικοί δείκτες με παγκόσμια διασπορά, όπως ο MSCI ACWI Low Carbon Target και ο MSCI ACWI SRI 5% Issuer Capped, καταγράφουν τη χαμηλότερη μεταβλητότητα του δείγματος (με τιμές κοντά στο 0,91%). Το εύρημα αυτό επιβεβαιώνει την άποψη ότι οι βιώσιμες επενδύσεις τείνουν να προσφέρουν ένα πιο αμυντικό προφίλ κινδύνου, ιδιαίτερα σε περιόδους αβεβαιότητας, λειτουργώντας ως ασπίδα έναντι των διακυμάνσεων της αγοράς (Broadstock et al., 2021; Gabriel et al., 2022).

Ενώ, εξετάζοντας τις ροπές της κατανομής, όλοι οι δείκτες ανεξαιρέτως εμφανίζουν αρνητική ασυμμετρία, με τιμές που κυμαίνονται από -0,14 έως -1,10. Αυτό υποδεικνύει μια κατανομή με «μακριά αριστερή ουρά» (long left tail), δηλαδή αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης μεγάλων αρνητικών αποδόσεων. Σύμφωνα με τους Garel & Petit (2021), η αρνητική ασυμμετρία γίνεται εντονότερη σε περιόδους κρίσεων, της η πανδημία COVID-19, καθώς οι επενδυτές τείνουν να αντιδρούν σπασμωδικά στα αρνητικά νέα.

3.3.2 Έλεγχος Κανονικότητας (Jarque-Bera Test)

Για τον έλεγχο της κανονικότητας των αποδόσεων των δεικτών, χρησιμοποιείται το στατιστικό κριτήριο των Jarque και Bera (1980). Το τεστ αυτό αποτελεί έναν συνδυασμένο έλεγχο που εξετάζει ταυτόχρονα αν ο συντελεστής ασυμμετρίας (S) και ο συντελεστής κύρτωσης (K) των δεδομένων είναι συμβατοί με αυτούς μιας κανονικής κατανομής (δηλαδή $S = 0$ και $K = 3$).

Η στατιστική συνάρτηση του ελέγχου ορίζεται ως εξής:

$$JB = \frac{N}{6} \left(S^2 + \frac{(K-3)^2}{4} \right)$$

Όπου N είναι το πλήθος των παρατηρήσεων. Υπό την μηδενική υπόθεση (H_0) ότι οι αποδόσεις ακολουθούν την κανονική κατανομή, το στατιστικό JB ακολουθεί

ασυμπτωτικά την κατανομή χ^2 με 2 βαθμούς ελευθερίας (χ^2_2) (Jarque & Bera, 1980). Αν η υπολογιζόμενη τιμή του p -value είναι μικρότερη από το επίπεδο σημαντικότητας (π.χ. $\alpha = 0,01$), τότε η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται.

Όπως παρατηρήσαμε στον Πίνακα 3.1, οι τιμές της υπερβάλλουσας κύρτωσης για όλους τους δείκτες είναι θετικές και κυμαίνονται από 5,34 έως 17,39. Αυτό υποδηλώνει έντονα λεπτοκυρτωτικές κατανομές (leptokurtosis), δηλαδή οι κατανομές των αποδόσεων έχουν «παχιές ουρές» (fat tails) και είναι πιο ψηλές στην κορυφή σε σχέση με την κανονική κατανομή (Andersen & Bollerslev, 1998; Olbrys & Majewska, 2022). Τα αποτελέσματα του ελέγχου Jarque-Bera επιβεβαιώνουν στατιστικά αυτή την παρατήρηση. Για το σύνολο των δεκατεσσάρων (14) δεικτών, οι τιμές του στατιστικού JB είναι εξαιρετικά υψηλές, ενώ τα αντίστοιχα p -values είναι 0,000.

Συνεπώς, σε επίπεδο σημαντικότητας 1%, απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση (H_0) της κανονικότητας για όλους τους εξεταζόμενους δείκτες. Η έλλειψη κανονικότητας και η παρουσία παχιών ουρών αποτελούν χαρακτηριστικό γνώρισμα των χρηματοοικονομικών χρονοσειρών και υποδηλώνουν ότι ακραία γεγονότα (jumps) εμφανίζονται συχνότερα από ό,τι προβλέπει η θεωρία του τυχαίου περιπάτου (Random Walk). Το συμπέρασμα αυτό καθιστά αναγκαία τη χρήση πιο σύνθετων υποδειγμάτων για τη μοντελοποίηση της μεταβλητότητας, όπως τα μοντέλα της οικογένειας GARCH, τα οποία μπορούν να διαχειριστούν αποτελεσματικά τις αποκλίσεις από την κανονικότητα και θα εφαρμοστούν σε επόμενο κεφάλαιο (Engle, 1982).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο, η περιγραφική ανάλυση των δεδομένων ανέδειξε σημαντικές αποκλίσεις από την κανονικότητα, καθώς και την ύπαρξη φαινομένων της η λεπτοκύρτωση (leptokurtosis) και η ασυμμετρία. Τα χαρακτηριστικά αυτά καθιστούν την κλασική γραμμική προσέγγιση ανεπαρκή για τη μοντελοποίηση των κινδύνων και των αποδόσεων των MSCI ESG δεικτών.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η οικονομετρική μεθοδολογία που υιοθετήθηκε για τη διερεύνηση των ιδιοτήτων των χρονοσειρών. Η διαδικασία δομείται σε τέσσερα στάδια: τους προκαταρκτικούς ελέγχους στασιμότητας και αυτοσυσχέτισης, την μέτρηση της μεταβλητότητας μέσω μη-παραμετρικών (Realized Volatility) και παραμετρικών υποδειγμάτων (GARCH), την ανάλυση δομικών αλμάτων μέσω αλλαγής καθεστώτων (Markov Regime Switching) και την εκτίμηση της πολυπλοκότητας μέσω της θεωρίας της Εντροπίας (Entropy).

4.1 Προκαταρκτικοί Οικονομετρικοί Έλεγχοι

Η θεμελίωση της οικονομετρικής ανάλυσης απαιτεί πρωτίστως τη διασφάλιση ορισμένων βασικών ιδιοτήτων των εξεταζόμενων χρονοσειρών, καθώς η παραβίαση των στατιστικών υποθέσεων μπορεί να οδηγήσει σε επισφαλή συμπεράσματα. Συγκεκριμένα, η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων εξαρτάται άμεσα από το κατά πόσο οι χρονοσειρές είναι στάσιμες, προκειμένου να αποφευχθεί ο κίνδυνος των «νόθων παλινδρομήσεων» (spurious regressions) που εμφανίζονται συχνά στα χρηματοοικονομικά δεδομένα (Mushtaq, 2011; Brooks, 2019). Επιπλέον, η επιλογή προηγμένων υποδειγμάτων, όπως της οικογένειας GARCH, δικαιολογείται επιστημονικά μόνον εφόσον επιβεβαιωθεί η ύπαρξη εξαρτημένης από τον χρόνο μεταβλητότητας (ARCH effects), αποδεικνύοντας ότι η διακύμανση δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται δυναμικά (Engle, 1982). Συνεπώς, οι έλεγχοι αυτοί καθορίζουν την καταλληλότητα των δεδομένων και διασφαλίζουν τη βέλτιστη προδιαγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθεί.

4.1.1 Έλεγχος Στασιμότητας (ADF Test)

Ο πρώτος και σημαντικότερος έλεγχος αφορά τη στασιμότητα (stationarity) των λογαριθμικών αποδόσεων. Μια χρονοσειρά ορίζεται ως στάσιμη όταν ο μέσος όρος και η διακύμανσή της παραμένουν σταθερά διαχρονικά και δεν εξαρτώνται από τη χρονική στιγμή της παρατήρησης. Η ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας (unit root) θα οδηγούσε σε ψευδείς παλινδρομήσεις (spurious regressions) και αναξιόπιστα συμπεράσματα (Dickey & Fuller, 1979; Mushtaq, 2011).

Για τον έλεγχο αυτό χρησιμοποιήθηκε το επαυξημένο κριτήριο των Dickey και Fuller, το Augmented Dickey-Fuller (ADF). Το τεστ ελέγχει την εξής υπόθεση:

- Μηδενική Υπόθεση (H_0): Η χρονοσειρά έχει μοναδιαία ρίζα (είναι μη-στάσιμη).
- Εναλλακτική Υπόθεση (H_1): Η χρονοσειρά δεν έχει μοναδιαία ρίζα (είναι στάσιμη).

Το κριτήριο ADF βασίζεται στην εκτίμηση της παλινδρόμησης της πρώτης διαφοράς της σειράς έναντι της χρονικά υστερημένης τιμής της, συμπεριλαμβάνοντας όρους διόρθωσης για την αυτοσυσχέτιση των σφαλμάτων (Brooks, 2019). Αν η τιμή του στατιστικού t είναι μικρότερη από την κριτική τιμή (σε απόλυτους όρους), τότε απορρίπτεται η ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας.

Η συγκεκριμένη ανάλυση πραγματοποιήθηκε υπολογιστικά μέσω της βιβλιοθήκης statsmodels στη γλώσσα προγραμματισμού Python, κάνοντας χρήση των ημερήσιων λογαριθμικών αποδόσεων (βλ. Παράρτημα Α).

4.1.2 Έλεγχος Μεταβαλλόμενης Διακύμανσης (ARCH-LM Test)

Μετά την επιβεβαίωση της στασιμότητας των αποδόσεων, το επόμενο κρίσιμο βήμα στην οικονομετρική ανάλυση είναι ο έλεγχος για την ύπαρξη υπό συνθήκη ετεροσκεδαστικότητας (conditional heteroskedasticity). Στις χρηματοοικονομικές χρονοσειρές, συχνά παρατηρείται το φαινόμενο της συσσώρευσης μεταβλητότητας (volatility clustering), όπου περίοδοι υψηλής διακύμανσης ακολουθούνται από περιόδους υψηλής διακύμανσης και περίοδοι χαμηλής διακύμανσης ακολουθούνται από περιόδους χαμηλής διακύμανσης (Alizadeh & Nomikos, 2004).

Για τη διερεύνηση της ύπαρξης φαινομένων ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity), χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο πολλαπλασιαστή Lagrange (Lagrange Multiplier - LM) του Engle (1982). Ο έλεγχος αυτός εξετάζει τη μηδενική υπόθεση της ομοσκεδαστικότητας έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης ότι υπάρχουν επιδράσεις ARCH στα κατάλοιπα της μέσης τιμής.

Συγκεκριμένα, οι υποθέσεις του ελέγχου διατυπώνονται ως εξής:

- Μηδενική Υπόθεση (H_0): Δεν υπάρχουν επιδράσεις ARCH (ομοσκεδαστικότητα).
- Εναλλακτική Υπόθεση (H_1): Υπάρχουν επιδράσεις ARCH (ετεροσκεδαστικότητα).

Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε με χρήση της βιβλιοθήκης statsmodels στην Python (βλ. Παράρτημα Α), εφαρμόζοντας υστέρηση (lags) 10 περιόδων. Η επιλογή αυτή κρίθηκε απαραίτητη ώστε να εντοπιστούν πιθανές εξαρτήσεις στη διακύμανση που εκτείνονται πέραν της μίας ημέρας (π.χ. εβδομαδιαία επίδραση), διασφαλίζοντας τη στιβαρή διάγνωση του φαινομένου της ετεροσκεδαστικότητας (Brooks, 2019).

4.2 Μέτρηση Μεταβλητότητας: Μη-Παραμετρική Προσέγγιση

Πριν την εφαρμογή των στοχαστικών υποδειγμάτων GARCH για την εκτίμηση της μελλοντικής διακύμανσης, κρίνεται απαραίτητη η μέτρηση της ιστορικής μεταβλητότητας (historical volatility) των δεικτών μέσω μη-παραμετρικών προσεγγίσεων. Οι μέθοδοι αυτές υπολογίζουν τον κίνδυνο βάσει των ιστορικών δεδομένων, χωρίς να κάνουν αυστηρές υποθέσεις για την κατανομή των αποδόσεων ή τη χρονική τους εξάρτηση.

Στην παρούσα εργασία, η ιστορική μεταβλητότητα προσεγγίζεται με δύο τρόπους. Αρχικά, μέσω της κλασικής τυπικής απόκλισης των αποδόσεων κλεισίματος (Realized Volatility), η οποία αποτελεί το πιο διαδεδομένο μέτρο κινδύνου στη βιβλιογραφία (Andersen & Bollerslev, 1998).

Στη συνέχεια, μέσω εκτιμητών που βασίζονται στο εύρος διακύμανσης (Range-based Estimators), οι οποίοι αξιοποιούν τις πληροφορίες των υψηλών (High) και χαμηλών (Low) τιμών της ημέρας και θεωρούνται πιο αποτελεσματικοί (efficient) στην αποτύπωση της ενδοημερήσιας μεταβλητότητας (Molnár, 2012).

4.2.1 Realized Volatility (Standard Deviation)

Η πιο θεμελιώδης μέθοδος μέτρησης του κινδύνου είναι ο υπολογισμός της τυπικής απόκλισης (standard deviation) των λογαριθμικών αποδόσεων. Στο πλαίσιο της χρηματοοικονομικής ανάλυσης, το μέγεθος αυτό αναφέρεται συχνά ως Realized Volatility (Πραγματοποιηθείσα Μεταβλητότητα).

Για την ανάλυση της διαχρονικής εξέλιξης του κινδύνου, επιλέχθηκε ο υπολογισμός του Monthly Realized Volatility (Μηνιαίας Πραγματοποιηθείσας Μεταβλητότητας). Η προσέγγιση αυτή, η οποία υπολογίζει την τυπική απόκλιση των ημερήσιων αποδόσεων εντός κάθε μήνα, επιτρέπει την αποτελεσματικότερη αποτύπωση των μεσοπρόθεσμων τάσεων και των περιόδων έντονης διακύμανσης, μειώνοντας τον «θόρυβο» των ημερήσιων δεδομένων (Guidolin & Panzeri, 2024).

Ο τύπος υπολογισμού για τον μήνα m , σύμφωνα με τη μεθοδολογία της τυπικής απόκλισης (Brooks, 2019), ορίζεται ως εξής:

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{1}{N_m - 1} \sum_{t=1}^{N_m} (r_t - \bar{r}_m)^2}$$

Όπου:

- r_t : Η λογαριθμική απόδοση την ημέρα t .
- $\bar{r}_m$: Η μέση απόδοση του μήνα m .
- N_m : Το πλήθος των παρατηρήσεων του μήνα m .

Η μέθοδος αυτή παρέχει μια συνολική εικόνα του κινδύνου για όλη την εξεταζόμενη περίοδο (2015-2024), επιτρέποντας την άμεση σύγκριση μεταξύ των θεματικών ESG δεικτών και των δεικτών αναφοράς (Benchmarks).

4.2.2 Εκτιμητές Εύρους (Range Estimators)

Παρόλο που η τυπική απόκλιση των τιμών κλεισίματος αποτελεί το πιο διαδεδομένο μέτρο κινδύνου, δέχεται κριτική στη βιβλιογραφία καθώς αγνοεί την πληροφορία σχετικά με την ενδοημερήσια διακύμανση των τιμών (intraday volatility). Όπως επισημαίνουν οι Alizadeh et al. (2002), οι εκτιμητές που βασίζονται στο εύρος τιμών

(Range-based estimators) είναι σημαντικά πιο αποτελεσματικοί στην αποτύπωση της μεταβλητότητας, καθώς αξιοποιούν το σύνολο των δεδομένων των Υψηλών (High) και Χαμηλών (Low) τιμών της ημέρας. Για την πληρέστερη καταγραφή του κινδύνου των MSCI δεικτών, στην παρούσα μελέτη υπολογίστηκαν οι τέσσερις κυριότεροι εκτιμητές εύρους, οι οποίοι διαφέρουν ως προς τον τρόπο που διαχειρίζονται την τάση (drift) και τα άλματα στο άνοιγμα της αγοράς (opening jumps).

Η ανάλυση ξεκινά με τον εκτιμητή του Parkinson (1980), ο οποίος αποτελεί τη θεμελιώδη μέθοδο υπολογισμού βάσει του εύρους, χρησιμοποιώντας αποκλειστικά τη διαφορά High και Low τιμής. Παρότι αποτελεσματικός, ο συγκεκριμένος δείκτης υποθέτει ότι οι τιμές ακολουθούν γεωμετρική κίνηση Brown χωρίς τάση. Για τη βελτίωση της ακρίβειας, χρησιμοποιείται ο εκτιμητής των Garman και Klass (1980), ο οποίος επεκτείνει τον τύπο του Parkinson ενσωματώνοντας τις πληροφορίες του Ανοίγματος (Open) και του Κλεισίματος (Close) (Molnár, 2012).

Ωστόσο, επειδή οι χρηματοοικονομικές χρονοσειρές συχνά παρουσιάζουν τάση (drift) ή χάσματα τιμών (jumps), η μελέτη ενσωματώνει και πιο σύνθετους εκτιμητές. Συγκεκριμένα, εφαρμόστηκε ο εκτιμητής των Rogers και Satchell (1991), ο οποίος είναι σχεδιασμένος να λειτουργεί αμερόληπτα ακόμη και όταν η χρονοσειρά παρουσιάζει μη μηδενική τάση. Επιπλέον, υπολογίστηκε ο εκτιμητής των Yang και Zhang (2000), ο οποίος θεωρείται ο βέλτιστος εκτιμητής ελάχιστης διακύμανσης (minimum variance). Το πλεονέκτημα του συγκεκριμένου μοντέλου είναι ότι συνδυάζει την κλασική μεταβλητότητα με το εύρος, λαμβάνοντας υπόψη τόσο την τάση όσο και τα άλματα που συμβαίνουν μεταξύ του κλεισίματος της προηγούμενης ημέρας και του ανοίγματος της επόμενης (opening jumps) (Molnár, 2012).

Δεδομένου ότι κάθε μοντέλο ενδέχεται να παρουσιάζει συγκεκριμένα μειονεκτήματα ή σφάλματα εκτίμησης (estimation bias) ανάλογα με τις συνθήκες της αγοράς, στην παρούσα εργασία υιοθετήθηκε μια συνθετική προσέγγιση (Molnár, 2012). Ως τελικό μέτρο της Range Volatility, ορίστηκε ο αριθμητικός μέσος όρος των τεσσάρων ανωτέρω εκτιμητών. Η προσέγγιση αυτή προσφέρει μια πιο στιβαρή μέτρηση του κινδύνου, εξομαλύνοντας τις ακραίες τιμές που μπορεί να δώσει μεμονωμένα κάποιος

εκτιμητής και ενσωματώνοντας πληρέστερα την ενδοημερήσια αβεβαιότητα των ESG δεικτών.

Το σύνολο των υπολογισμών για τη Realized Volatility και τους Range Estimators υλοποιήθηκε μέσω των βιβλιοθηκών Pandas και NumPy στη γλώσσα Python (βλ. Παράρτημα Α), αξιοποιώντας τις ημερήσιες τιμές (Open, High, Low, Close) των δεικτών.

4.3 Μέτρηση Μεταβλητότητας: Παραμετρική Προσέγγιση

Ενώ οι μετρήσεις της ιστορικής μεταβλητότητας (Realized & Range Volatility) παρέχουν μια εικόνα της διακύμανσης του παρελθόντος, αδυνατούν να μοντελοποιήσουν τη δυναμική συμπεριφορά της υπό συνθήκη διακύμανσης (conditional variance) και να προβλέψουν μελλοντικούς κινδύνους (Brooks, 2019). Προκειμένου να διερευνηθεί και να μοντελοποιηθεί το φαινόμενο της ετεροσκεδαστικότητας (heteroskedasticity), το οποίο αποτελεί συχνό δομικό χαρακτηριστικό των χρηματοοικονομικών χρονοσειρών (Engle, 1982), η μελέτη προχωρά στην εφαρμογή παραμετρικών υποδειγμάτων της οικογένειας GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity).

4.3.1 Το Υπόδειγμα EGARCH

Για τη μοντελοποίηση της μεταβλητότητας των δεικτών MSCI επιλέχθηκε το εκθετικό υπόδειγμα GARCH (EGARCH), όπως προτάθηκε από τον Nelson (1991). Η επιλογή του συγκεκριμένου μοντέλου έναντι του τυπικού GARCH(1,1) κρίθηκε επιβεβλημένη λόγω ενός θεμελιώδους χαρακτηριστικού των χρηματιστηριακών αγορών: της ασυμμετρίας (asymmetry).

Όπως έχουν καταδείξει οι Engle και Ng (1993), οι μετοχικές αποδόσεις τείνουν να αντιδρούν διαφορετικά σε θετικά και αρνητικά νέα (News Impact Curve). Συγκεκριμένα, τα αρνητικά σοκ (bad news) τείνουν να αυξάνουν την μεταβλητότητα περισσότερο από ό,τι τα ισοδύναμα θετικά σοκ (good news), φαινόμενο γνωστό ως "leverage effect". Το κλασικό GARCH επιβάλλει συμμετρική αντίδραση, αδυνατώντας να συλλάβει αυτή τη

συμπεριφορά. Αντιθέτως, το EGARCH μοντελοποιεί τον λογάριθμο της υπό συνθήκη διακύμανσης, επιτρέποντας στα σοκ να έχουν ασύμμετρη επίδραση.

Η εξίσωση της υπό συνθήκη διακύμανσης του υποδείγματος EGARCH(1,1), σύμφωνα με τον Nelson (1991), ορίζεται ως εξής:

$$\ln(\sigma_t^2) = \omega + \beta \ln(\sigma_{t-1}^2) + \alpha (|z_{t-1}| - E[|z_{t-1}|]) + \gamma z_{t-1}$$

Όπου:

- σ_t^2 : Η υπό συνθήκη διακύμανση.
- ω : Ο σταθερός όρος.
- β : Συντελεστής που μετρά την εμμονή (persistence) της μεταβλητότητας.
- α : Συντελεστής που μετρά το μέγεθος (magnitude) της επίδρασης των σοκ.
- γ : Συντελεστής που αιχμαλωτίζει την ασυμμετρία (leverage effect).
- z_{t-1} : Τα τυποποιημένα κατάλοιπα ($\varepsilon_{t-1}/\sigma_{t-1}$).
- $E[|z_{t-1}|]$: Η αναμενόμενη τιμή της απόλυτης τιμής των τυποποιημένων σφαλμάτων. Η αφαίρεση αυτού του όρου διασφαλίζει ότι η επίδραση του μεγέθους των σοκ έχει μηδενικό μέσο όρο (Nelson, 1991).

Αν η παράμετρος γ εκτιμηθεί στατιστικά σημαντική και αρνητική, αυτό επιβεβαιώνει ότι οι αρνητικές αποδόσεις προκαλούν μεγαλύτερη αύξηση της μεταβλητότητας σε σχέση με τις θετικές. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα του μοντέλου είναι ότι, καθώς εκτιμά τον λογάριθμο της διακύμανσης $\ln(\sigma^2)$, δεν απαιτεί περιορισμούς μη-αρνητικότητας για τις παραμέτρους, διασφαλίζοντας ότι η εκτιμώμενη μεταβλητότητα θα είναι πάντα θετική (Brooks, 2019).

Όσον αφορά την κατανομή των σφαλμάτων ε_t , λαμβάνοντας υπόψη τη θεωρητική πιθανότητα εμφάνισης ακραίων τιμών (fat tails) στις χρηματοοικονομικές αγορές, κατά την προδιαγραφή του μοντέλου επιλέχθηκε η κατανομή t-Student (Student's t-distribution). Η επιλογή αυτή επιτρέπει στο μοντέλο να προσαρμόζεται καλύτερα σε συνθήκες αγοράς που αποκλίνουν από την κανονικότητα, προσφέροντας πιο αξιόπιστες εκτιμήσεις κινδύνου (Brooks, 2019).

Η εκτίμηση των παραμέτρων του EGARCH υλοποιήθηκε μέσω της εξειδικευμένης βιβλιοθήκης arch στην Python (βλ. Παράρτημα Α), εφαρμόζοντας τη μέθοδο της Μέγιστης Πιθανοφάνειας.

4.4 Προηγμένη Ανάλυση Ιδιοτήτων Χρονοσειρών

Οι μέθοδοι που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες ενότητες (Realized Volatility, GARCH) εστιάζουν κυρίως στη μοντελοποίηση της μεταβλητότητας, υποθέτοντας ωστόσο ότι η δομή της αγοράς διέπεται από έναν ενιαίο μηχανισμό παραγωγής δεδομένων. Παρ' όλα αυτά, η βιβλιογραφία υποδεικνύει ότι οι σύγχρονες χρηματοοικονομικές αγορές χαρακτηρίζονται συχνά από δομικές αλλαγές (structural breaks) και μη γραμμική δυναμική, εναλλάσσοντας περιόδους ηρεμίας με περιόδους έντονης αναταραχής (Hamilton, 1989). Επιπλέον, η υπόθεση ότι οι τιμές ακολουθούν μια καθαρά γραμμική στοχαστική διαδικασία ενδέχεται να αγνοεί κρυμμένα μοτίβα πολυπλοκότητας.

Για την πληρέστερη διερεύνηση αυτών των φαινομένων, η παρούσα ενότητα εισάγει δύο προηγμένες μεθοδολογικές προσεγγίσεις. Πρώτον, εφαρμόζονται τα Μοντέλα Εναλλαγής Καθεστώτων (Markov Regime Switching) για τον εντοπισμό διακριτών καταστάσεων της αγοράς (καθεστώτα κρίσης vs. ηρεμίας), ακολουθώντας την μεθοδολογία των Alizadeh και Nomikos (2004). Δεύτερον, όπως θα αναλυθεί στην επόμενη υποενότητα, χρησιμοποιείται η Ανάλυση Εντροπίας (Entropy Analysis) για την ποσοτικοποίηση της πολυπλοκότητας και της κανονικότητας των αποδόσεων.

4.4.1 Μοντέλα Εναλλαγής Καθεστώτων (Markov Regime Switching)

Προκειμένου να διερευνηθεί η υπόθεση ότι οι δείκτες MSCI δεν συμπεριφέρονται ομοιόμορφα διαχρονικά, αλλά μεταπίπτουν σε διαφορετικές καταστάσεις κινδύνου (risk regimes), εφαρμόστηκε το υπόδειγμα Markov Regime Switching (MRS), όπως εισήχθη

από τον Hamilton (1989)^[4]. Η βασική αρχή της μεθόδου είναι ότι οι παράμετροι της χρονοσειράς (όπως η μέση τιμή και η διακύμανση) δεν είναι σταθερές, αλλά εξαρτώνται

από μια μη παρατηρήσιμη μεταβλητή κατάστασης (latent state variable), S_t , η οποία ακολουθεί μια μαρκοβιανή αλυσίδα πρώτης τάξης (Hamilton, 1989).

Στην παρούσα μελέτη, και λαμβάνοντας υπόψη τα ευρήματα της βιβλιογραφίας για τη στοχαστική συμπεριφορά των χρηματιστηριακών δεικτών (Alizadeh & Nomikos, 2004; Aono & Okimoto, 2021), ορίστηκε ένα μοντέλο δύο καθεστώτων ($k = 2$) με μεταβαλλόμενη διακύμανση (Switching Variance).

Τα δύο αυτά καθεστώτα ερμηνεύονται οικονομικά ως εξής:

- Καθεστώς 0 (Low Volatility Regime): Περίοδος ηρεμίας και σταθερότητας των αγορών.
- Καθεστώς 1 (High Volatility Regime): Περίοδος υψηλής αβεβαιότητας, κρίσης ή πανικού.

Το μοντέλο επιτρέπει στη μεταβλητότητα των αποδόσεων να διαφοροποιείται ανάλογα με το καθεστώς που επικρατεί τη χρονική στιγμή t . Μαθηματικά, η διαδικασία των αποδόσεων y_t περιγράφεται από την ακόλουθη εξίσωση (Hamilton, 1989):

$$y_t = \mu_{S_t} + \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_{S_t}^2)$$

Όπου μ_{S_t} και $\sigma_{S_t}^2$ είναι η μέση τιμή και η διακύμανση αντίστοιχα, οι οποίες εξαρτώνται από την κατάσταση $S_t \in \{0, 1\}$. Η μετάβαση από το ένα καθεστώς στο άλλο καθορίζεται από τον πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης (transition probabilities matrix) (Hamilton, 1989):

$$P = \begin{bmatrix} p_{00} & p_{01} \\ p_{10} & p_{11} \end{bmatrix}$$

Όπου $p_{ij} = P(S_t = j \mid S_{t-1} = i)$ είναι η πιθανότητα η αγορά να μεταβεί στο καθεστώς j τη στιγμή t , δεδομένου ότι βρισκόταν στο καθεστώς i τη στιγμή $t-1$.

[4] Η εκτίμηση των παραμέτρων του υποδείγματος πραγματοποιήθηκε μέσω της μεθόδου της Μέγιστης Πιθανοφάνειας (Maximum Likelihood Estimation - MLE). Η συνάρτηση πιθανοφάνειας υπολογίστηκε αναδρομικά μέσω του βέλτιστου μη γραμμικού φίλτρου (nonlinear iterative filter) που προτάθηκε από τον Hamilton (1989), το οποίο επιτρέπει την εξαγωγή πιθανοτικών συμπερασμάτων για την αθέατη κατάσταση (regime) της αγοράς.

Σύμφωνα με τους Alizadeh και Nomikos (2004), η προσέγγιση αυτή είναι ανώτερη των απλών GARCH μοντέλων σε περιόδους έντονων διακυμάνσεων, καθώς επιτρέπει την άμεση προσαρμογή της διακύμανσης στα νέα δεδομένα χωρίς την ανάγκη για μακρά περίοδο προσαρμογής (persistence).

Για την ταξινόμηση των παρατηρήσεων στα δύο καθεστώτα, υπολογίστηκαν οι Εξομαλυσμένες Πιθανότητες (Smoothed Probabilities). Σε αντίθεση με τις φιλτραρισμένες πιθανότητες που χρησιμοποιούν πληροφορία μόνο μέχρι τη στιγμή t , οι εξομαλυσμένες πιθανότητες ($P(S_t = j \mid \Omega_T)$) αξιοποιούν το σύνολο του δείγματος T για να εκτιμήσουν με την μέγιστη δυνατή ακρίβεια την πιθανότητα η αγορά να βρίσκεται σε καθεστώς κρίσης κάθε συγκεκριμένη ημέρα (Hamilton, 1989). Η κατηγοριοποίηση των καθεστώτων βασίστηκε στην εκτιμώμενη διακύμανση, όπου το καθεστώς με την υψηλότερη τιμή (σ^2) ταυτοποιήθηκε ως καθεστώς Υψηλής Μεταβλητότητας (High Volatility).

Η υπολογιστική υλοποίηση του μοντέλου και ο εντοπισμός των καθεστώτων πραγματοποιήθηκε μέσω της βιβλιοθήκης statsmodels στην Python (βλ. Παράρτημα Α), η οποία παρέχει την κλάση MarkovAutoregression για την εφαρμογή του αλγορίθμου.

4.4.2 Ανάλυση Δειγματικής Εντροπίας (Sample Entropy)

Πέραν της μεταβλητότητας, μια κρίσιμη ιδιότητα των χρηματοοικονομικών χρονοσειρών είναι η κανονικότητα (regularity) ή η πολυπλοκότητά τους. Για την μέτρηση αυτής της ιδιότητας, η μελέτη εφαρμόζει την τεχνική της Δειγματικής Εντροπίας (Sample Entropy), όπως αναπτύχθηκε από τους Richman και Moorman (2000). Η SampEn, όπως είναι η συντομογραφία της, αποτελεί εξέλιξη της Προσεγγιστικής Εντροπίας (Approximate Entropy), διορθώνοντας όμως τη μεροληψία (bias) που εμφάνιζε η τελευταία σε μικρά δείγματα, και χρησιμοποιείται για να ποσοτικοποιήσει την προβλεψιμότητα μιας χρονοσειράς.

Στο πλαίσιο των αγορών, χαμηλές τιμές εντροπίας υποδηλώνουν υψηλή κανονικότητα και επαναλαμβανόμενα μοτίβα (προβλεψιμότητα), φαινόμενο που συχνά παρατηρείται σε περιόδους κρίσεων ή αγελαίας συμπεριφοράς (herding behavior). Αντιθέτως, υψηλές τιμές εντροπίας υποδηλώνουν τυχαιότητα και πολυπλοκότητα,

χαρακτηριστικό μιας αποτελεσματικής αγοράς (Efficient Market Hypothesis), όπου η πληροφορία ενσωματώνεται άμεσα στις τιμές (Richman & Moorman, 2000).

Η $SampEn(m, r, N)$ ορίζεται ως ο αρνητικός φυσικός λογάριθμος της υπό συνθήκη πιθανότητας ότι δύο ακολουθίες δεδομένων που είναι όμοιες για m σημεία, παραμένουν όμοιες και στο επόμενο σημείο $m+1$ (Richman & Moorman, 2000). Για μια χρονοσειρά μήκους N , ορίζονται τα διανύσματα $X_m(i)$ μήκους m . Δύο διανύσματα $X_m(i)$ και $X_m(j)$ θεωρούνται όμοια αν η απόσταση μεταξύ τους (συνήθως η απόσταση Chebyshev) είναι μικρότερη από μια ανοχή r .

Ο τύπος υπολογισμού είναι (Richman & Moorman, 2000):

$$SampEn(m, r, N) = -\ln\left(\frac{A}{B}\right)$$

Όπου:

- B : Ο αριθμός των ζευγών διανυσμάτων μήκους m που έχουν απόσταση μικρότερη του r .
- A : Ο αριθμός των ζευγών διανυσμάτων μήκους $m+1$ που έχουν απόσταση μικρότερη του r .

Για να αποτυπωθεί η χρονική εξέλιξη της πολυπλοκότητας των δεικτών ESG, η μέθοδος δεν εφαρμόστηκε στατικά στο σύνολο του δείγματος, αλλά μέσω της τεχνικής του κυλιόμενου παραθύρου (rolling window)^[5] (Olbrys & Majewska, 2022; Papla & Siedlecki, 2024). Συγκεκριμένα, η ανάλυση υλοποιήθηκε με τη χρήση της βιβλιοθήκης *antropy* στην Python (βλ. Παράρτημα Α), υιοθετώντας τις ακόλουθες παραμέτρους όπως προτείνονται στη διεθνή βιβλιογραφία.

Πρώτον, το μήκος του κυλιόμενου παραθύρου (N) ορίστηκε στις 126 ημέρες, διάστημα που αντιστοιχεί σε έξι μήνες χρηματιστηριακών συναλλαγών, επιτρέποντας τον εντοπισμό δυναμικών αλλαγών στη δομή της αγοράς. Δεύτερον, ως διάσταση εμφύτευσης

[5] Η διαδικασία του κυλιόμενου παραθύρου (rolling window analysis) συνίσταται στον υπολογισμό της τιμής της εντροπίας για ένα υποσύνολο δεδομένων σταθερού μήκους N (126 ημέρες). Στη συνέχεια, το παράθυρο μετατοπίζεται κατά μία χρονική περίοδο (step=1 day) προς το μέλλον, αφαιρώντας την παλαιότερη παρατήρηση και προσθέτοντας τη νεότερη, μέχρι να εξαντληθεί το σύνολο της χρονοσειράς (Brooks, 2019).

(m) επιλέχθηκε η τιμή 2, γεγονός που σημαίνει ότι ο αλγόριθμος συγκρίνει μοτίβα δύο διαδοχικών ημερών. Τέλος, η παράμετρος της ανοχής (r) καθορίστηκε ως το 20% της τυπικής απόκλισης ($0.2 \times \sigma$) του εκάστοτε παραθύρου. Η δυναμική αυτή προσαρμογή του r διασφαλίζει ότι η μέτρηση της εντροπίας παραμένει ανεπηρέαστη από τις μεταβολές στη μεταβλητότητα της αγοράς (Richman & Moorman, 2000).

Μέσω αυτής της προσέγγισης, δημιουργήθηκε μια νέα χρονοσειρά εντροπίας για κάθε δείκτη, η οποία επιτρέπει τον εντοπισμό των χρονικών σημείων όπου η αγορά καθίσταται λιγότερο αποτελεσματική και πιο επιρρεπής σε συστημικούς κινδύνους.

Για τον υπολογισμό της Sample Entropy και την εφαρμογή της διαδικασίας κυλιόμενου παραθύρου, χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη `entropy` σε περιβάλλον Python, διασφαλίζοντας την ακρίβεια των μετρήσεων πολυπλοκότητας.

4.5 Αξιολόγηση Χαρτοφυλακίου (Portfolio Evaluation Measures)

Πέρα από τη διερεύνηση της δομής της μεταβλητότητας και της πολυπλοκότητας των αγορών, βασικό ζητούμενο της παρούσας μελέτης είναι η συγκριτική αξιολόγηση της επενδυτικής απόδοσης των δεικτών ESG έναντι των συμβατικών δεικτών αναφοράς (benchmarks). Η προσέγγιση αυτή ευθυγραμμίζεται με τη σύγχρονη βιβλιογραφία, καθώς, όπως καταδεικνύουν στην πρόσφατη μετα-ανάλυσή τους οι Hornuf και Yüksel (2023), η σύγκριση των αποδόσεων και της προσαρμοσμένης στον κίνδυνο επίδοσης (risk-adjusted performance) αποτελεί την ενδεδειγμένη μεθοδολογία για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας και της υπεροχής των κοινωνικά υπεύθυνων επενδύσεων. Για τον σκοπό αυτό, η ανάλυση εστιάζει σε δύο θεμελιώδη εργαλεία, τις Σωρευτικές Αποδόσεις (Cumulative Returns) και τον Δείκτη Sharpe.

4.5.1 Δείκτης Sharpe (Sharpe Ratio)

Ενώ οι σωρευτικές αποδόσεις δείχνουν το τελικό αποτέλεσμα, δεν λαμβάνουν υπόψη τον κίνδυνο που αναλήφθηκε για την επίτευξή του. Για την αξιολόγηση της απόδοσης σε σχέση με τον κίνδυνο, χρησιμοποιήθηκε ο Δείκτης Sharpe, όπως εισήχθη από

τον Sharpe (1966). Ο δείκτης αυτός μετρά την υπερβάλλουσα απόδοση ανά μονάδα συνολικού κινδύνου. Ο μαθηματικός τύπος του δείκτη είναι:

$$SR = \frac{\bar{R}_p - R_f}{\sigma_p}$$

Όπου:

- $\bar{R}_p$: Η μέση απόδοση του χαρτοφυλακίου (portfolio).
- R_f : Η απόδοση του περιουσιακού στοιχείου χωρίς κίνδυνο (Risk-Free Rate). Στην παρούσα ανάλυση, για λόγους συγκρισιμότητας, το R_f θεωρήθηκε μηδενικό.
- σ_p : Η τυπική απόκλιση των αποδόσεων του χαρτοφυλακίου (portfolio).

Προκειμένου τα αποτελέσματα να είναι συγκρίσιμα σε ετήσια βάση, ο δείκτης ετησιοποιήθηκε (annualized) πολλαπλασιάζοντας με την τετραγωνική ρίζα των ημερών διαπραγμάτευσης (252 ημέρες):

$$Annualized\ SR = \frac{\bar{R}_{daily} - R_f}{\sigma_{daily}} \times \sqrt{252}$$

Ένας υψηλότερος δείκτης Sharpe υποδηλώνει ότι ο δείκτης πέτυχε καλύτερη απόδοση για κάθε μονάδα κινδύνου που ανέλαβε (Sharpe, 1966).

Οι υπολογισμοί των σωρευτικών αποδόσεων και του δείκτη Sharpe πραγματοποιήθηκαν μέσω των βιβλιοθηκών Pandas και NumPy στην Python (βλ. Παράρτημα Α), ενώ για την ετησιοποίηση των αποτελεσμάτων εφαρμόστηκαν οι κατάλληλοι μετασχηματισμοί στα ημερήσια δεδομένα.

4.5.2 Σωρευτικές Αποδόσεις (Cumulative Returns)

Για την απεικόνιση της διαχρονικής εξέλιξης της αξίας μιας επένδυσης σε κάθε δείκτη, υπολογίστηκαν οι σωρευτικές αποδόσεις. Δεδομένου ότι η ανάλυση βασίζεται σε λογαριθμικές αποδόσεις (r_t), η σωρευτική απόδοση τη χρονική στιγμή T υπολογίζεται μέσω του εκθετικού αθροίσματος των επιμέρους ημερήσιων αποδόσεων (Brooks, 2019):

$$CR_t = e^{\sum_{t=1}^T r_t}$$

Η μέθοδος αυτή επιτρέπει τη δημιουργία ενός δείκτη πλούτου (wealth index), ο οποίος ξεκινά από μια θεωρητική αρχική μονάδα επένδυσης (π.χ. 1€) και δείχνει πώς αυτή εξελίσσεται στον χρόνο. Η προσέγγιση αυτή είναι απαραίτητη για την άμεση οπτική σύγκριση (visual inspection) της κερδοφορίας μεταξύ των ESG δεικτών και των benchmarks, επιτρέποντας την αξιολόγηση της ανθεκτικότητάς τους σε διαφορετικές συνθήκες αγοράς (Hornuf & Yüksel, 2023).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το παρόν κεφάλαιο παραθέτει τα εμπειρικά ευρήματα της μελέτης, όπως προέκυψαν από την εφαρμογή των μεθοδολογικών εργαλείων που αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στόχος είναι η διεξοδική αξιολόγηση της συμπεριφοράς των δεικτών ESG σε σχέση με τους συμβατικούς δείκτες αναφοράς (benchmarks), εστιάζοντας στις κρίσιμες διαστάσεις της μεταβλητότητας, της δομικής σταθερότητας και της επενδυτικής αποδοτικότητας.

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων ξεκινά με τους απαραίτητους διαγνωστικούς ελέγχους στασιμότητας και ετεροσκεδαστικότητας, οι οποίοι διασφαλίζουν την εγκυρότητα των επακόλουθων οικονομετρικών εκτιμήσεων. Ακολούθως, αναλύεται συγκριτικά η δομή της μεταβλητότητας, αντιπαραβάλλοντας τα ευρήματα των παραμετρικών υποδειγμάτων με εκείνα των μη παραμετρικών εκτιμητών, προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα για το προφίλ κινδύνου των εξεταζόμενων δεικτών.

Επιπρόσθετα, η ανάλυση επεκτείνεται στη διερεύνηση της μη γραμμικής δυναμικής των αγορών, μέσω του εντοπισμού εναλλαγής καθεστώτων (Regime Switching) σε περιόδους κρίσης, καθώς και στην εκτίμηση της πολυπλοκότητας των χρονοσειρών μέσω της θεωρίας της εντροπίας. Τέλος, η εμπειρική διερεύνηση ολοκληρώνεται με την αξιολόγηση των χρηματοοικονομικών επιδόσεων των χαρτοφυλακίων, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη εικόνα για τη σχέση κινδύνου και απόδοσης στο πλαίσιο των βιώσιμων επενδύσεων.

5.1 Αποτελέσματα Ελέγχων ADF και ARCH-LM Test

Πριν την εφαρμογή των υποδειγμάτων μεταβλητότητας, είναι σημαντικό να ελέγξουμε τις ιδιότητες των χρονοσειρών των ημερήσιων λογαριθμικών αποδόσεων. Η διαδικασία αυτή διασφαλίζει ότι τα δεδομένα πληρούν τις προϋποθέσεις για την εφαρμογή των μοντέλων GARCH, αποφεύγοντας σφάλματα που σχετίζονται με τη μη στασιμότητα ή την απουσία συσχέτισης στη μεταβλητότητα.

5.1.1 Έλεγχος Στασιμότητας (ADF Test)

Για τον έλεγχο της ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας (unit root), εφαρμόστηκε το τεστ των Dickey και Fuller (1979). Η μηδενική υπόθεση (H_0) του ελέγχου ορίζει ότι η χρονοσειρά περιέχει μοναδιαία ρίζα (είναι μη στάσιμη), ενώ η εναλλακτική υπόθεση (H_1) ορίζει ότι η χρονοσειρά είναι στάσιμη. Η διασφάλιση της στασιμότητας αποτελεί αναγκαία συνθήκη για την εγκυρότητα της ανάλυσης, καθώς η χρήση μη στάσιμων χρονοσειρών μπορεί να οδηγήσει στο φαινόμενο των νόθων παλινδρομήσεων (spurious regressions), καθιστώντας τα αποτελέσματα αναξιόπιστα, όπως επισημαίνει ο Mushtaq (2011). Στον παρακάτω πίνακα (5.1.1) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου ADF για το σύνολο των 14 δεικτών.

Πίνακας 5.1.1: Αποτελέσματα Ελέγχου Augmented Dickey-Fuller (ADF)

Δείκτης	ADF Statistic	p-value
1. Paris	-13,4791	0,0000
2. World Climate	-13,1791	0,0000
3. Low Carbon	-15,6796	0,0000
4. EAFE	-44,5565	0,0000
5. KLD400	-11,3196	0,0000
6. ACWI SRI 5%	-15,5509	0,0000
7. World SRI	-15,6467	0,0000
8. Japan Empowering Women	-56,1032	0,0000
9. Japan Governance	-56,6927	0,0000
10. Japan ESG Select	-56,6403	0,0000
11. USA Extended	-10,9772	0,0000
12. World ex Australia	-13,4648	0,0000
13. World Index	-13,5241	0,0000
14. USA Index	-13,3207	0,0000

Όπως προκύπτει από τον πίνακα, τα αποτελέσματα του ελέγχου ADF (p -value = 0.0000 για όλους τους δείκτες) απορρίπτουν κατηγορηματικά τη μηδενική υπόθεση της μοναδιαίας ρίζας, ακόμα και σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 1% (πολύ αυστηρότερο από το τυπικό όριο του 5%). Συνεπώς, οι χρονοσειρές των ημερήσιων λογαριθμικών αποδόσεων επιβεβαιώνονται ως στάσιμες ($I(0)$).

Το εύρημα αυτό είναι θεμελιώδες, καθώς η στασιμότητα αποτελεί αναγκαία προϋπόθεση για την εγκυρότητα της οικονομετρικής μοντελοποίησης που ακολουθεί και επιτρέπει την ασφαλή εφαρμογή υποδειγμάτων της οικογένειας GARCH για τη μελέτη της δυναμικής μεταβλητότητας, αποτρέποντας τον κίνδυνο εξαγωγής παραπλανητικών συμπερασμάτων (Mushtaq, 2011).

5.1.2 Έλεγχος Δεσμευμένης Ετεροσκεδαστικότητας (ARCH-LM Test)

Με δεδομένη τη στασιμότητα των αποδόσεων, το επόμενο βήμα είναι η διερεύνηση της ύπαρξης φαινομένων ARCH (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity). Για τον σκοπό αυτό, διενεργήθηκε ο έλεγχος ARCH-LM (Lagrange Multiplier), όπως εισήχθη από τον Engle (1982). Η μηδενική υπόθεση (H_0) του ελέγχου υποστηρίζει ότι δεν υπάρχει φαινόμενο ARCH (ομοσκεδαστικότητα), ενώ η εναλλακτική (H_1) υποστηρίζει την ύπαρξη μεταβαλλόμενης διακύμανσης. Στον Πίνακα 5.1.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου ARCH-LM.

Πίνακας 5.1.2: Αποτελέσματα ελέγχου ARCH-LM στις λογαριθμικές αποδόσεις

Δείκτης	ARCH-LM Statistic	p-value
1. Paris	863,852	0,0000
2. World Climate	865,513	0,0000
3. Low Carbon	836,005	0,0000
4. EAFE	357,575	0,0000
5. KLD400	952,720	0,0000
6. ACWI SRI 5%	801,744	0,0000
7. World SRI	841,256	0,0000
8. Japan Empowering Women	367,593	0,0000
9. Japan Governance	373,582	0,0000
10. Japan ESG Select	407,393	0,0000
11. USA Extended	985,418	0,0000
12. World ex Australia	870,104	0,0000
13. World Index	876,570	0,0000
14. USA Index	980,682	0,0000

Από την επισκόπηση των αποτελεσμάτων του πίνακα, καθίσταται σαφές ότι για το σύνολο των εξεταζόμενων δεικτών η τιμή του p-value είναι μηδενική (0.0000), γεγονός

που οδηγεί στην κατηγορηματική απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης (H_0) περί ομοσκεδαστικότητας σε επίπεδο σημαντικότητας 1%. Η απόρριψη αυτή συνεπάγεται ότι η διακύμανση των αποδόσεων δεν παραμένει σταθερή διαχρονικά, αλλά χαρακτηρίζεται από έντονη ετεροσκεδαστικότητα. Το εύρημα αυτό επιβεβαιώνει την παρουσία του φαινομένου της συσσώρευσης μεταβλητότητας (volatility clustering), κατά το οποίο μεγάλες μεταβολές στις τιμές τείνουν να ακολουθούνται από μεγάλες μεταβολές και μικρές από μικρές, υποδεικνύοντας ότι η μεταβλητότητα των δεικτών ESG είναι προβλέψιμη και χρονικά εξαρτώμενη (Engle, 1982; Brooks, 2019).

Συνεπώς, η στατιστική σημαντικότητα των αποτελεσμάτων τεκμηριώνει την αναγκαιότητα και την καταλληλότητα της εφαρμογής υποδειγμάτων της οικογένειας GARCH, καθώς και των μη γραμμικών μοντέλων εναλλαγής καθεστώτων (Regime Switching), για την ορθή μοντελοποίηση του κινδύνου των υπό εξέταση δεικτών (Engle, 1982; Hamilton, 1989).

5.2 Συγκριτική Ανάλυση Μεταβλητότητας (Non-Parametric vs. Parametric)

Η παρούσα ενότητα εστιάζει στη συγκριτική αξιολόγηση του κινδύνου μεταξύ των δεικτών ESG και των συμβατικών δεικτών αναφοράς, ακολουθώντας δύο διακριτές μεθοδολογικές προσεγγίσεις.

Αρχικά, στην Ενότητα 5.2.1, παρουσιάζεται η Μη Παραμετρική προσέγγιση. Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται μεθοδολογίες που βασίζονται αποκλειστικά στα ιστορικά δεδομένα των τιμών, χωρίς να κάνουν πολύπλοκες υποθέσεις για την κατανομή των αποδόσεων. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζονται η Πραγματοποιηθείσα Μεταβλητότητα (Realized Volatility), η οποία μετρά την τυπική απόκλιση των αποδόσεων σε μηνιαία βάση. Παράλληλα, στην ίδια κατηγορία εντάσσονται και οι Εκτιμητές Εύρους (Range Estimators), οι οποίοι στην παρούσα μελέτη αξιοποιούν το εύρος μεταξύ της υψηλότερης και χαμηλότερης τιμής κλεισίματος εντός του μήνα, για να συλλάβουν τη διακύμανση που λαμβάνει χώρα στο μεσοδιάστημα, η οποία ενδέχεται να αγνοείται από την απλή σύγκριση αρχικής και τελικής τιμής.

Στη συνέχεια, στην Ενότητα 5.2.2, η ανάλυση εμβαθύνει μέσω της Παραμετρικής προσέγγισης, εφαρμόζοντας το οικονομετρικό υπόδειγμα EGARCH. Η μέθοδος αυτή θεωρείται πιο δυναμική, καθώς προσαρμόζει την εκτίμηση του κινδύνου καθημερινά, λαμβάνοντας υπόψη την ασυμμετρία και τη χρονική εξάρτηση των αποδόσεων.

5.2.1 Μη Παραμετρική Εκτίμηση

Η παρούσα υποενότητα εμβαθύνει στα ευρήματα που προέκυψαν από τα αποτελέσματα της ιστορικής μεταβλητότητας των δεικτών. Αρχικά, εξετάζεται η Μηνιαία Πραγματοποιηθείσα Μεταβλητότητα (Monthly Realized Volatility), η οποία υπολογίστηκε ως η τυπική απόκλιση των ημερήσιων λογαριθμικών αποδόσεων (Brooks, 2019). Η συγκεκριμένη μέθοδος βασίζεται στις τιμές κλεισίματος (Close-to-Close) για να αποτυπώσει τη διασπορά των αποδόσεων εντός κάθε μήνα. Για λόγους ευκρίνειας και άμεσης συγκρισιμότητας, στον Πίνακα 5.2.1α συγκεντρώνονται τα περιγραφικά στατιστικά της Realized Volatility για την περίοδο 2015-2024.

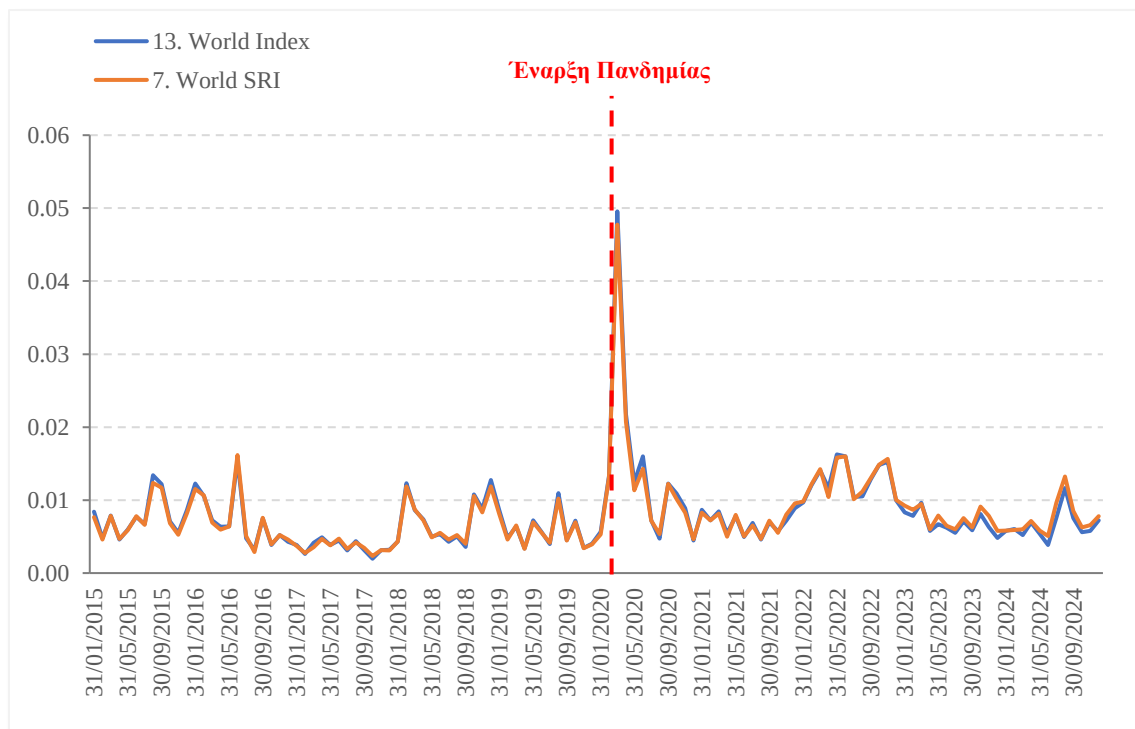
Πίνακας 5.2.1α: Περιγραφικά Στατιστικά Monthly Realized Volatility

Δείκτης	Μέση Τιμή	Μέγιστο	Ελάχιστο
1. Paris	0,008228	0,048593	0,002016
2. World Climate	0,008246	0,049152	0,002009
3. Low Carbon	0,007605	0,046401	0,002137
4. EAFE	0,008135	0,035067	0,002659
5. KLD400	0,009609	0,059913	0,003113
6. ACWI SRI 5%	0,007635	0,046498	0,002255
7. World SRI	0,007910	0,047746	0,002344
8. Japan Empowering Women	0,010659	0,031731	0,003672
9. Japan Governance	0,010940	0,033305	0,003584
10. Japan ESG Select	0,010746	0,033390	0,003775
11. USA Extended	0,009350	0,059858	0,002788
12. World ex Australia	0,008253	0,049532	0,001882
13. World Index	0,007877	0,049557	0,001966
14. USA Index	0,009272	0,059334	0,002891

Παρατηρείται ότι η μέση μηνιαία μεταβλητότητα κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα (στο 0,8%), ωστόσο παρουσιάζει έντονες εξάρσεις σε περιόδους κρίσεων. Η μέγιστη τιμή

καταγράφεται για τους περισσότερους δείκτες τον Μάρτιο του 2020, λόγω της πανδημίας COVID-19 (Broadstock et al., 2021). Αξίζει να σημειωθεί ότι ο δείκτης 7. World SRI παρουσίασε ελαφρώς χαμηλότερη μέγιστη μεταβλητότητα (0,0477) σε σύγκριση με τον δείκτη αναφοράς 13. World Index (0,0496), ένδειξη ότι τα αυστηρά ESG κριτήρια προσέφεραν σχετική προστασία κατά την κατάρρευση των αγορών. Αντίθετα, οι δείκτες της αμερικανικής αγοράς (5. KLD400, 11. USA Extended και 14. USA Index) εμφάνισαν τις υψηλότερες τιμές αιχμής στο δείγμα (περίπου 0,0599).

Η διαχρονική εξέλιξη του κινδύνου απεικονίζεται στο Διάγραμμα 5.2.1α, όπου συγκρίνεται ο παγκόσμιος δείκτης αναφοράς (MSCI World Index) με τον δείκτη World SRI Filtered PAB. Το ζεύγος αυτό επιλέχθηκε καθώς αντιπαραβάλλει την ευρύτερη εικόνα της αγοράς με τον αυστηρότερο διαθέσιμο ESG δείκτη (Social & Paris Aligned), μεγιστοποιώντας την πιθανότητα εντοπισμού διαφορών στη δυναμική του ρίσκου.



Διάγραμμα 5.2.1α: Monthly Realized Volatility | MSCI World vs. MSCI World SRI PAB

Στη συνέχεια, η ανάλυση επεκτείνεται στην εκτίμηση της μεταβλητότητας μέσω των Εκτιμητών Εύρους (Range Estimators). Για την εφαρμογή της μεθόδου, τα ημερήσια δεδομένα μετασχηματίστηκαν σε μηνιαία, όπου ως Υψηλή (High) και Χαμηλή (Low) τιμή ορίστηκαν η μέγιστη και ελάχιστη τιμή που κατέγραψε ο δείκτης εντός του μήνα αντίστοιχα. Σε αντίθεση με την τυπική απόκλιση, ο συγκεκριμένος δείκτης ενσωματώνει τη διακύμανση εντός της περιόδου (intraday volatility), αποτυπώνοντας ταχύτερα τις εξάρσεις αβεβαιότητας που μεσολαβούν μεταξύ των κλεισιμάτων της αγοράς (Alizadeh et al., 2002).

Συνοψίζοντας τα ευρήματα για λόγους οικονομίας χώρου, στον Πίνακα 5.2.1β παρουσιάζεται ο μέσος όρος των τεσσάρων εκτιμητών (Parkinson, Garman-Klass, Rogers-Satchell & Yang-Zhang). Η χρήση του μέσου όρου υιοθετήθηκε για τη μείωση του σφάλματος εκτίμησης (estimation bias^[6]) που ενδέχεται να παρουσιάζει κάθε μοντέλο μεμονωμένα, προσφέροντας μια πιο στιβαρή μέτρηση του κινδύνου (Molnár, 2012).

Πίνακας 5.2.1β: Περιγραφικά Στατιστικά Average Range Volatility

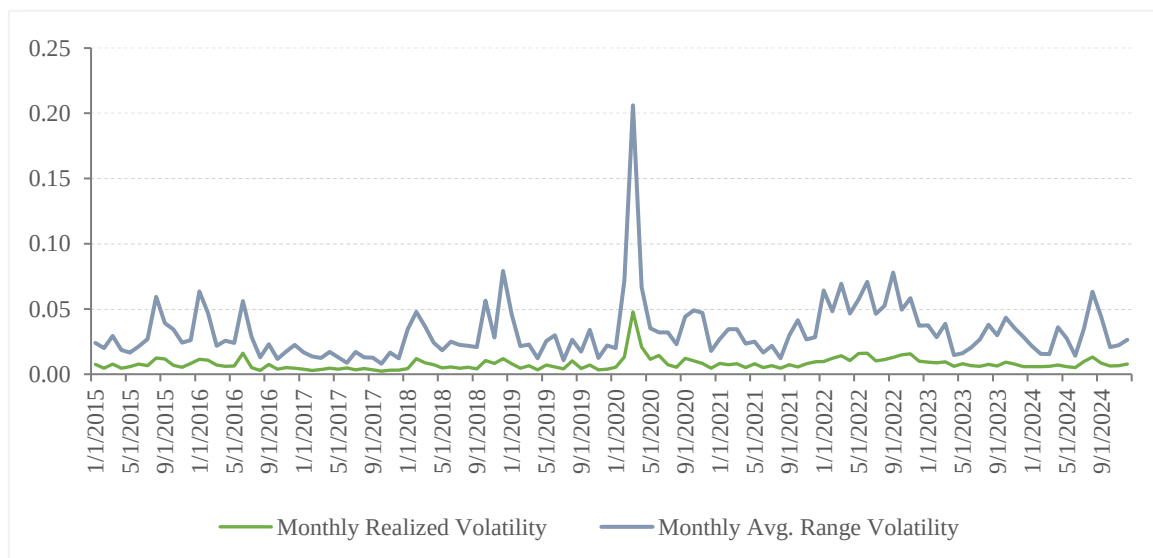
Δείκτης	Μέση Τιμή	Μέγιστο	Ελάχιστο
1. Paris	0,033371	0,200191	0,007132
2. World Climate	0,033424	0,202385	0,006948
3. Low Carbon	0,031810	0,205614	0,006724
4. EAFE	0,033678	0,193690	0,008581
5. KLD400	0,035378	0,211409	0,008709
6. ACWI SRI 5%	0,032269	0,210809	0,007835
7. World SRI	0,032451	0,206099	0,008051
8. Japan Empowering Women	0,036574	0,133940	0,007604
9. Japan Governance	0,037961	0,133919	0,008949
10. Japan ESG Select	0,036936	0,132971	0,009045
11. USA Extended	0,034495	0,218879	0,009161
12. World ex Australia	0,033110	0,205957	0,007164
13. World Index	0,032015	0,211615	0,006102
14. USA Index	0,034280	0,213455	0,007829

[6] Κάθε μεμονωμένος εκτιμητής ενδέχεται να παρουσιάζει μεροληψία (bias) υπό συγκεκριμένες συνθήκες, όπως η ύπαρξη έντονης τάσης (drift) ή χασμάτων στο άνοιγμα (opening jumps). Η συνδυαστική χρήση του μέσου όρου εξομαλύνει αυτές τις αποκλίσεις, οδηγώντας σε μια πιο αποτελεσματική και αμερόληπτη εκτίμηση της μεταβλητότητας (Molnár, 2012).

Τα αποτελέσματα αποκαλύπτουν σημαντικά υψηλότερες τιμές μεταβλητότητας σε σχέση με την Realized Volatility, επιβεβαιώνοντας ότι η αστάθεια εντός του μήνα ήταν ο κύριος φορέας κινδύνου. Ενδεικτικά, κατά την κορύφωση της κρίσης του 2020, ο δείκτης 13. World Index κατέγραψε μέγιστη τιμή 0,2116 (Range Volatility) έναντι μόλις 0,0496 (Realized Volatility).

Και σε αυτή τη μετρική, οι ESG δείκτες επιδεικνύουν σχετική ανθεκτικότητα στις ακραίες τιμές. Συγκεκριμένα, ο δείκτης 3. Low Carbon (Max = 0,2056) και ο δείκτης 7. World SRI (Max = 0,2061) κινήθηκαν σε χαμηλότερα επίπεδα αιχμής από τον benchmark, τον 13. World Index (0,2116), ενισχύοντας την υπόθεση ότι η αποφυγή ενεργοβόρων κλάδων και η διασπορά ESG μειώνουν τον ακραίο κίνδυνο. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι δείκτες της Ιαπωνίας (8., 9. & 10.), οι οποίοι αν και εμφανίζουν υψηλότερη μέση τιμή (Mean > 0,036), κατέγραψαν τις χαμηλότερες μέγιστες τιμές (Max ≈ 0,133) κατά τη διάρκεια της κρίσης σε σχέση με το σύνολο του δείγματος.

Η διαφορά στην ευαισθησία των δύο μεθόδων συγκρίνεται οπτικά στο Διάγραμμα 5.2.1β για τον δείκτη World SRI Filtered PAB. Ο συγκεκριμένος δείκτης επιλέχθηκε καθώς αποτελεί το πλέον αντιπροσωπευτικό δείγμα της κατηγορίας "Αυστηρού ESG" (Paris Aligned Benchmark), επιτρέποντας την άμεση αξιολόγηση της ευαισθησίας του κινδύνου σε σύγκριση με τον ευρύτερο δείκτη αναφοράς (benchmark).



Διάγραμμα 5.2.1β: MSCI World SRI PAB | Realized vs Range Volatility

5.2.2 Παραμετρική Εκτίμηση Μεταβλητότητας

Για τη βαθύτερη διερεύνηση της δυναμικής του κινδύνου, εφαρμόστηκε το εκθετικό μοντέλο GARCH (EGARCH) τάξης (1,1) με κατανομή Student's t (Nelson, 1991). Η επιλογή του συγκεκριμένου υποδείγματος κρίθηκε επιβεβλημένη προκειμένου να ληφθούν υπόψη δύο κρίσιμα χαρακτηριστικά των χρηματοοικονομικών αποδόσεων. Αφενός η ασυμμετρία (leverage effect), δηλαδή η τάση της μεταβλητότητας να αυξάνεται περισσότερο μετά από αρνητικά σοκ, και αφετέρου οι "παχιές ουρές" (fat tails), που υποδηλώνουν αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης ακραίων γεγονότων (Nelson, 1991).

Σε αντίθεση με την ιστορική μεταβλητότητα που παρέχει μία τιμή για όλο τον μήνα, το EGARCH παράγει τη Δεσμευμένη Μεταβλητότητα (ΔΜ), μια δυναμική μέτρηση που προσαρμόζεται καθημερινά ανάλογα με τις νέες πληροφορίες που εισρέουν στην αγορά (Engle, 1982).

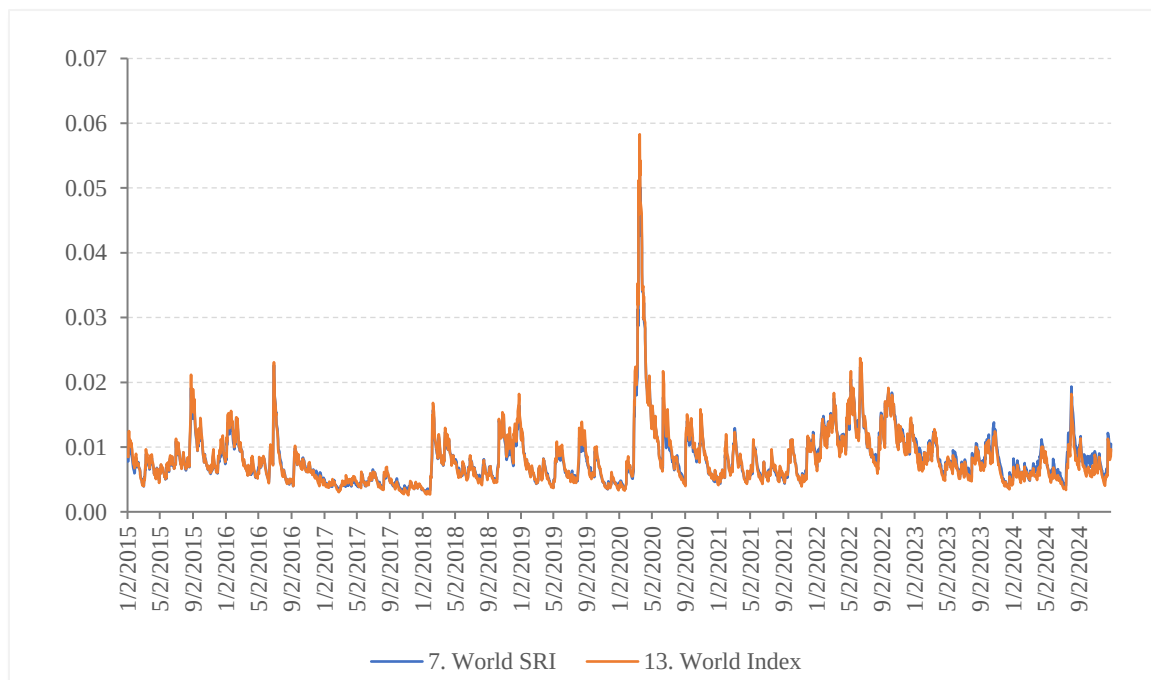
Λόγω του εκτεταμένου όγκου των ημερήσιων εκτιμήσεων, κρίνεται σκόπιμη η παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε συγκεντρωτική μορφή. Στον Πίνακα 5.2.2 παρατίθενται τα βασικά περιγραφικά στατιστικά της δεσμευμένης μεταβλητότητας για το σύνολο της εξεταζόμενης περιόδου, επιτρέποντας την άμεση συγκριτική αξιολόγηση της μορφολογίας κινδύνου μεταξύ των δεικτών.

Πίνακας 5.2.2: Συγκεντρωτικά Στοιχεία Ημερήσιας Δεσμευμένης Μεταβλητότητας

Δείκτης	Μέση Τιμή	Μέγιστο	Ελάχιστο
1. Paris	0,008539	0,057474	0,002796
2. World Climate	0,008563	0,058521	0,002786
3. Low Carbon	0,007838	0,054044	0,002644
4. EAFE	0,008369	0,033847	0,003094
5. KLD 400	0,009996	0,073165	0,002586
6. ACWI SRI 5%	0,007873	0,052278	0,002784
7. World SRI	0,008191	0,052757	0,003012
8. Japan Empowering Women	0,010808	0,038308	0,005783
9. Japan Governance	0,011120	0,032235	0,005555
10. Japan ESG Select	0,010882	0,036945	0,005549
11. USA Extended	0,009709	0,072711	0,002357
12. World ex Australia	0,008556	0,058797	0,002942
13. World Index	0,008136	0,058296	0,002560
14. USA Index	0,009626	0,072596	0,002850

Από την ανάλυση των επιπέδων μεταβλητότητας προκύπτει μια σαφής διαφοροποίηση των συνθηκών της αγοράς. Κατά κύριο λόγο, οι δείκτες κινούνται σε περιόδους ηρεμίας, με τον κίνδυνο να κυμαίνεται μεταξύ 0,5% και 1%, υποδεικνύοντας την ομαλή λειτουργία των αγορών. Ωστόσο, παρατηρούνται διαστήματα αυξημένης νευρικότητας με τιμές που αγγίζουν το 2%, κυρίως κατά τη διάρκεια γεωπολιτικών εντάσεων ή νομισματικών αναπροσαρμογών. Το σημαντικότερο εύρημα, ωστόσο, αφορά τις περιόδους πανικού, όπου η μεταβλητότητα υπερβαίνει το 5%. Χαρακτηριστικότερο παράδειγμα αποτελεί η περίοδος Μαρτίου 2020 (COVID-19), όπου καταγράφηκαν τα ιστορικά υψηλά «καρφιά» (spikes) για όλους τους δείκτες.

Η συγκριτική ανάλυση μεταξύ του δείκτη 7. World SRI και του δείκτη αναφοράς 13. World Index στο Διάγραμμα 5.2.2α αναδεικνύει κρίσιμα συμπεράσματα για την ανθεκτικότητα των ESG επενδύσεων.

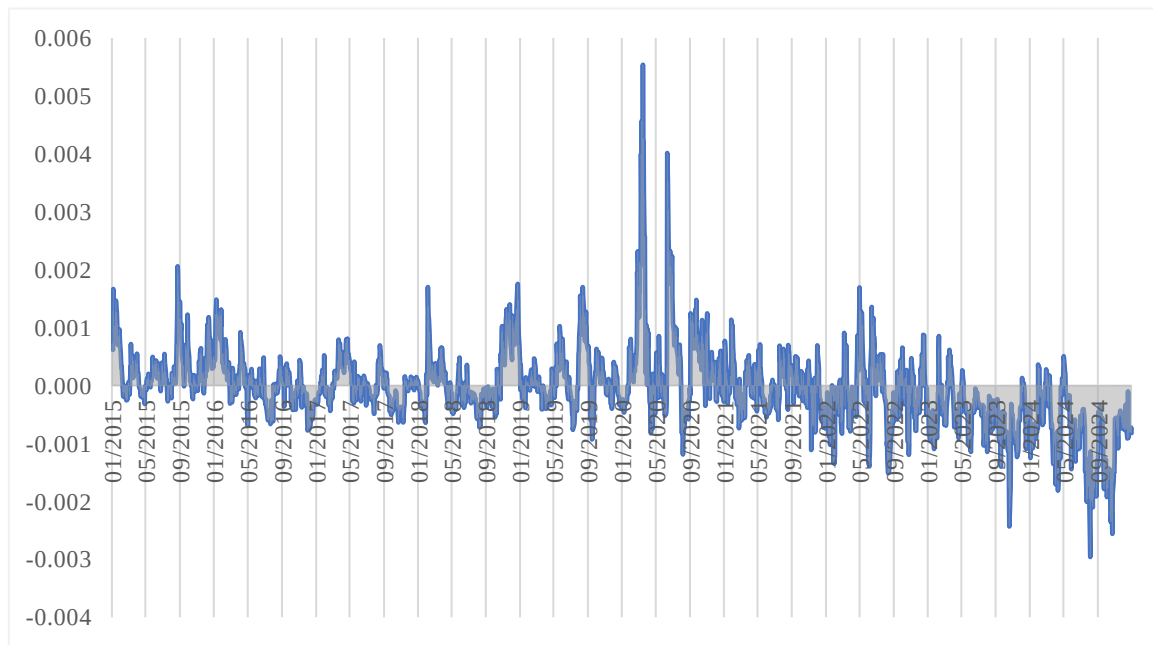


Διάγραμμα 5.2.2α: Δυναμική Μεταβλητότητα EGARCH(1,1) | MSCI World SRI vs MSCI World

Όπως παρατηρείται, κατά την κορύφωση της πανδημίας, ο δείκτης 7. World SRI κατέγραψε μέγιστη μεταβλητότητα 0,0528, σαφώς χαμηλότερη από το 0,0583 του 13. World Index. Μπορεί η διαφορά αυτή (περίπου 0,55%) να φαντάζει μικρή, ωστόσο στο πλαίσιο της διαχείρισης θεσμικών χαρτοφυλακίων δισεκατομμυρίων, μια τέτοια

αποκλιμάκωση της μεταβλητότητας μεταφράζεται σε σημαντική αποφυγή δυνητικών ζημιών. Το εύρημα αυτό επιβεβαιώνει ότι οι ESG δείκτες βελτιώνουν οριακά αλλά ουσιαστικά την ανθεκτικότητα σε ακραίες καταστάσεις (Broadstock et al., 2021).

Επιπλέον, το Διάγραμμα 5.2.2β απεικονίζει τη διαφορά κινδύνου (Διαφορά = $[\Delta M 13. \text{World Index}] - [\Delta M 7. \text{World SRI}]$).



Διάγραμμα 5.2.2β: Διαφορά Δεσμευμένης Μεταβλητότητας ($[\Delta M 13. \text{World Index}] - [\Delta M 7. \text{World SRI}]$)

Η γραμμή του γραφήματος κινείται σταθερά σε θετικό έδαφος κατά τις περιόδους αναταραχής, με μια απότομη και θεαματική αύξηση τον Μάρτιο του 2020. Αυτό υποδεικνύει ότι ακριβώς τη στιγμή που η αγορά χρειαζόταν ασφάλεια, τα κριτήρια SRI και PAB λειτούργησαν ως παράγοντας σταθεροποίησης, απορροφώντας μέρος του συστημικού σοκ (Garel & Petit-Romec, 2021). Ωστόσο, η παρουσία πολλαπλών και επίμονων (high persistence) καρφιών/spikes θέτει το ερώτημα εάν η αγορά εισέρχεται σε παρατεταμένες περιόδους υψηλού κινδύνου, γεγονός που καθιστά αναγκαία την περαιτέρω διερεύνηση μέσω των μοντέλων Εναλλαγής Καθεστώτος (Regime Switching) στην επόμενη ενότητα (Hamilton, 1989).

5.3 Ανάλυση Καθεστώτων Κρίσης και Αλμάτων

Η ανάλυση της μεταβλητότητας εμβαθύνει με την εφαρμογή του υποδείγματος Εναλλαγής Καθεστώτων (Markov Regime Switching), το οποίο επιτρέπει τη διάκριση της αγοράς σε δύο διακριτές καταστάσεις. Από τη μία το καθεστώς "Ηρεμίας" (Low Volatility Regime) και από την άλλη το καθεστώς "Κρίσης" (High Volatility Regime). Η μεθοδολογία αυτή, βασισμένη στο πρωτοποριακό έργο του Hamilton (1989), πλεονεκτεί έναντι των συμβατικών μεθόδων καθώς αναγνωρίζει ότι οι χρηματοοικονομικές κρίσεις δεν είναι τυχαία, μεμονωμένα γεγονότα, αλλά δομικές αλλαγές στη συμπεριφορά του κινδύνου με διάρκεια και μνήμη.

Στον Πίνακα 5.3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των Εξομαλυσμένων Πιθανοτήτων (Smoothed Probabilities). Λόγω του μεγάλου όγκου των ημερήσιων εκτιμήσεων, παρατίθενται συγκεντρωτικά στοιχεία που αφορούν το ποσοστό του χρόνου κατά τον οποίο κάθε δείκτης βρέθηκε σε καθεστώς υψηλής μεταβλητότητας (Prob > 50%).

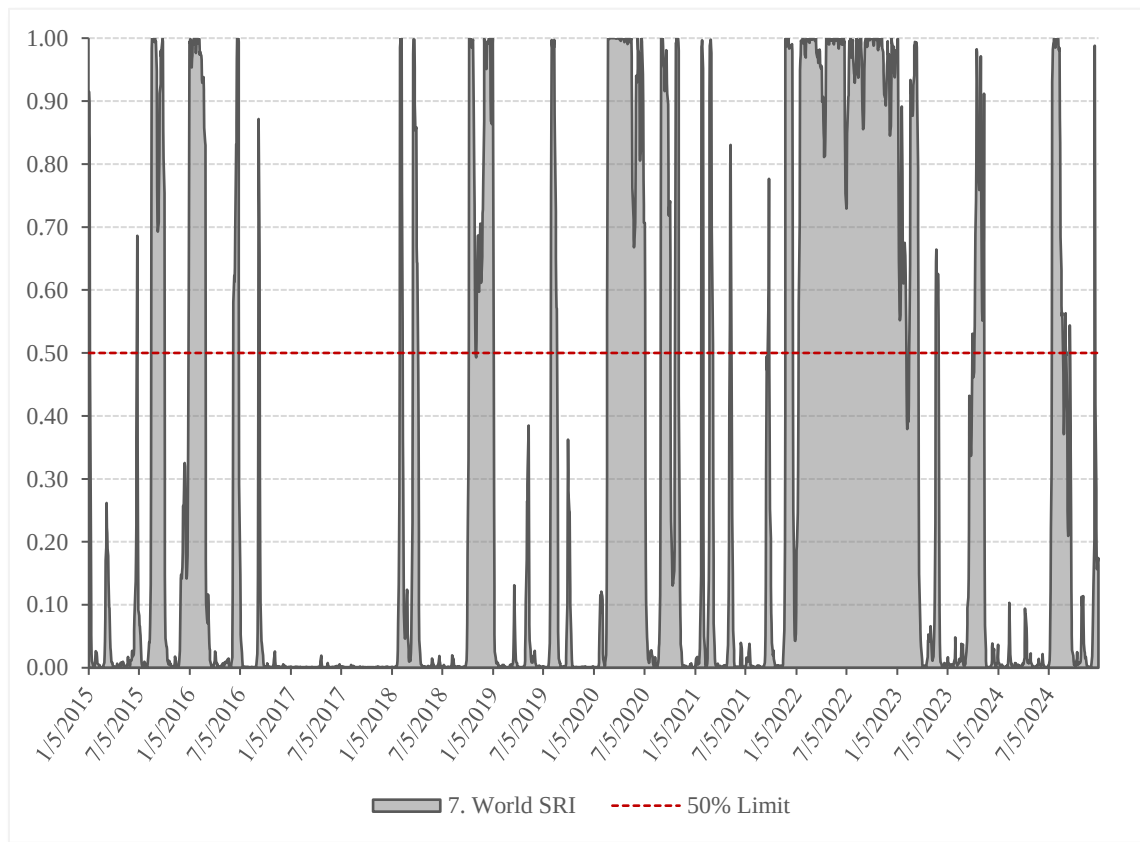
Πίνακας 5.3: Διάρκεια και Συχνότητα Καθεστώτων Κρίσης (Prob > 50%)

Δείκτης	Μέση Πιθανότητα Κρίσης	Ημέρες σε Κρίση	Ποσοστό Χρόνου σε Κρίση
1. Paris	0,303	775	29,7%
2. World Climate	0,314	802	30,8%
3. Low Carbon	0,254	653	25,0%
4. EAFE	0,257	658	25,2%
5. KLD400	0,319	800	30,7%
6. ACWI SRI 5%	0,250	635	24,4%
7. World SRI	0,287	748	28,7%
8. Japan Empowering Women	0,147	279	10,7%
9. Japan Governance	0,211	489	18,8%
10. Japan ESG Select	0,124	236	9,1%
11. USA Extended	0,328	827	31,7%
12. World ex Australia	0,294	761	29,2%
13. World Index	0,262	654	25,1%
14. USA Index	0,326	843	32,3%

Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στη δομική συμπεριφορά των δεικτών. Οι δείκτες της αμερικανικής αγοράς (5. KLD400, 11. USA Extended και 14. USA Index) εμφανίζουν τη μεγαλύτερη παραμονή σε καθεστώς κρίσης

(>30,5%), επιβεβαιώνοντας τον ρόλο τους ως πηγές μετάδοσης μεταβλητότητας. Αντίθετα, οι ιαπωνικοί δείκτες (8. Japan Empowering Women, 9. Japan Governance και 10. Japan ESG Select) εμφανίζουν εξαιρετικά χαμηλά ποσοστά (<19%), υποδηλώνοντας ότι δεν επηρεάζονται τόσο από τα παγκόσμια κύματα πανικού (Aono & Okimoto, 2021).

Όσον αφορά τη σύγκριση 7. World SRI (28,7%) και 13. World Index (25,1%), παρατηρείται ότι ο ESG δείκτης τείνει να ανιχνεύει συχνότερα τις περιόδους αβεβαιότητας. Αυτό, σε συνδυασμό με τα χαμηλότερα επίπεδα μεταβλητότητας που κατέγραψε στο EGARCH, υποδηλώνει μια συμπεριφορά γρήγορης αντίδρασης (early warning), όπου ο δείκτης προσαρμόζεται άμεσα στα νέα δεδομένα χωρίς όμως να φτάνει σε ακραίες τιμές διακύμανσης. Η δυναμική αυτή αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 5.3, το οποίο απεικονίζει την πιθανότητα κρίσης για τον δείκτη 7. World SRI.



Διάγραμμα 5.3: Smoothed Probabilities Καθεστώτος Κρίσης | 7. World SRI

Η ανάλυση του διαγράμματος οδηγεί σε κάποιες βασικές παρατηρήσεις αναφορικά με τη συμπεριφορά του δείκτη. Αρχικά, το μοντέλο επιτυγχάνει ξεκάθαρο διαχωρισμό

μεταξύ των περιόδων ηρεμίας και κρίσης. Οι πιθανότητες τείνουν να συγκεντρώνονται στα άκρα (κοντά στο 0 ή στο 1), γεγονός που επιβεβαιώνει ότι η αγορά δεν ακολουθεί μια ενιαία γραμμική συμπεριφορά, αλλά χαρακτηρίζεται από δύο διακριτές καταστάσεις λειτουργίας (Hamilton, 1989).

Στη συνέχεια, παρατηρείται μια απότομη και παρατεταμένη εκτίναξη της πιθανότητας κρίσης στο 100% κατά το πρώτο τρίμηνο του 2020. Το «τείχος» που σχηματίζεται στο γράφημα καταδεικνύει ότι ο δείκτης 7. World SRI, παρά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά ανθεκτικότητας που επέδειξε (όπως φάνηκε στο EGARCH), δεν έμεινε ανεπηρέαστος από το πρωτοφανές συστημικό σοκ της πανδημίας COVID-19.

Σε αντίθεση με το στιγμιαίο σοκ του 2020, η περίοδος 2022-2023 εμφανίζει διαφορετική δομή, με συχνές εναλλαγές και παρατεταμένη παραμονή σε καθεστώς υψηλής μεταβλητότητας. Αυτό αντικατοπτρίζει τη γεωπολιτική αστάθεια (πόλεμος στην Ουκρανία) και τις έντονες πληθωριστικές πιέσεις, υποδεικνύοντας ότι η ταραχή στην αγορά είχε διάρκεια και δομικά αίτια, και δεν αποτελούσε απλώς ένα μεμονωμένο γεγονός.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί η τάση επαναφοράς του δείκτη. Μετά από κάθε κορύφωση (spike) άνω του 50%, η πιθανότητα τείνει να επιστρέφει σε επίπεδα κοντά στο 0. Αυτή η συμπεριφορά υποδηλώνει πως ο δείκτης 7. World SRI διαθέτει την ικανότητα να επιστρέφει σε καθεστώς σταθερότητας μόλις εκλείψει ο εξωγενής παράγοντας της κρίσης. Η ξεκάθαρη υπέρβαση του ορίου κατά την έναρξη της πανδημίας και η σταδιακή αποκλιμάκωση, επικυρώνει την ικανότητα του μοντέλου να ταυτοποιεί με ακρίβεια τις περιόδους συστημικού κινδύνου (Broadstock et al., 2021).

5.4 Ανάλυση Πολυπλοκότητας και Αποτελεσματικότητας

Η εμπειρική ανάλυση εμπλουτίζεται με τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της αγοράς μέσω της Δειγματικής Εντροπίας (Sample Entropy). Η εντροπία αποτελεί μέτρο της πολυπλοκότητας και της τυχαιότητας μίας χρονοσειράς. Σύμφωνα με την Υπόθεση της Αποτελεσματικής Αγοράς (Efficient Market Hypothesis), οι τιμές των περιουσιακών στοιχείων πρέπει να ακολουθούν τυχαίο περίπατο (random walk), ενσωματώνοντας άμεσα κάθε νέα πληροφορία (Papla & Siedlecki, 2024). Συνεπώς,

υψηλές τιμές εντροπίας υποδηλώνουν υψηλή πολυπλοκότητα, ελεύθερη ροή πληροφορίας και "υγιή" αγορά. Αντίθετα, χαμηλές τιμές υποδηλώνουν προβλεψιμότητα, συγχρονισμό των επενδυτών και αγελαία συμπεριφορά (herding), χαρακτηριστικά που συνδέονται με περιόδους κρίσης και πανικού (Richman & Moorman, 2000).

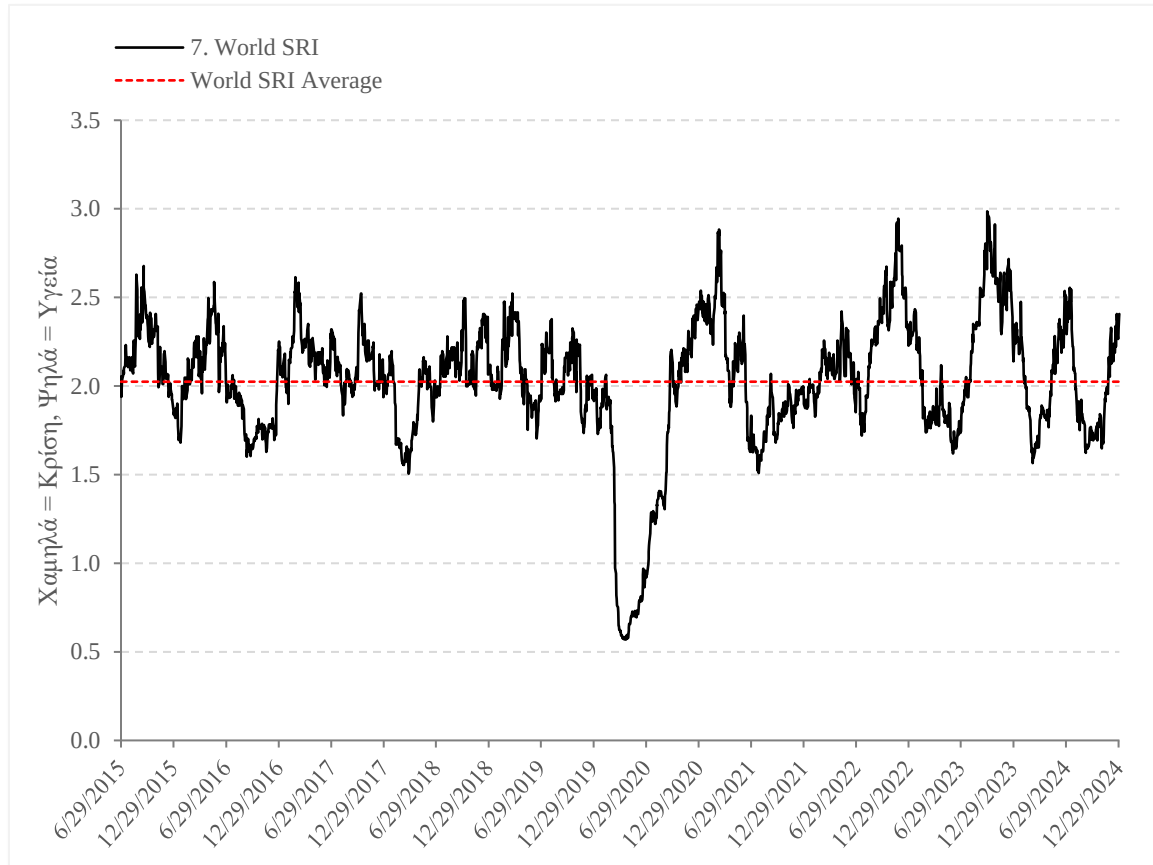
Για την εφαρμογή της μεθόδου χρησιμοποιήθηκε κυλιόμενο παράθυρο (rolling window) 126 ημερών (περίπου 6 μήνες), ώστε να αποτυπωθεί η δυναμική εξέλιξη της αποτελεσματικότητας. Λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων των αποτελεσμάτων, στον Πίνακα 5.4 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα της Δειγματικής Εντροπίας για το σύνολο της περιόδου 2015-2024.

Πίνακας 5.4: Συγκεντρωτικά Στοιχεία Rolling Sample Entropy

Δείκτης	Μέση Τιμή Εντροπίας	Μέγιστο	Ελάχιστο
1. Paris	2,0120	3,1246	0,6077
2. World Climate	1,9726	3,3081	0,5872
3. Low Carbon	2,0025	3,1697	0,6291
4. EAFE	2,0312	3,2484	0,8933
5. KLD400	1,8594	2,7269	0,5835
6. ACWI SRI 5%	1,9307	2,9755	0,5290
7. World SRI	2,0245	2,9857	0,5694
8. Japan Empowering Women	2,0639	3,0910	1,1930
9. Japan Governance	2,0710	4,5326	1,1013
10. Japan ESG Select	2,0635	3,5066	1,1350
11. USA Extended	1,9035	2,8430	0,5625
12. World ex Australia	1,9229	2,7546	0,6311
13. World Index	1,9524	2,8134	0,5427
14. USA Index	1,8841	2,9704	0,5427

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι ο δείκτης 7. World SRI εμφανίζει υψηλότερη μέση εντροπία (2,0245) σε σχέση με τον δείκτη αναφοράς 13. World Index (1,9524). Το εύρημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς υποδηλώνει ότι οι εταιρείες με υψηλή βαθμολογία ESG τείνουν να δημιουργούν ένα περιβάλλον αγοράς πιο αποτελεσματικό, όπου η πληροφορία διαχέεται ταχύτερα και η πιθανότητα χειραγώγησης ή αγελαίας συμπεριφοράς είναι μικρότερη.

Η εξέλιξη της αποτελεσματικότητας της αγοράς αποτυπώνεται γραφικά στο Διάγραμμα 5.4, όπου παρουσιάζεται η κυλιόμενη εντροπία του δείκτη 7. World SRI σε σύγκριση με τον ιστορικό μέσο όρο της.



Διάγραμμα 5.4: Εξέλιξη Πολυπλοκότητας Αγοράς (Rolling SamEn) | 7. World SRI

Η ανάλυση της χρονοσειράς της εντροπίας αποκαλύπτει κάποια κρίσιμα ευρήματα για την ανθεκτικότητα και τη συμπεριφορά του δείκτη. Όσον αφορά την περίοδο της πανδημίας, τον Μάρτιο του 2020 παρατηρούμε μια βίαιη πτώση της εντροπίας, η οποία διαπερνά καθοδικά τον μακροχρόνιο μέσο όρο και αγγίζει ιστορικά χαμηλά επίπεδα (0,5694). Η πτώση αυτή υποδεικνύει την ξαφνική απώλεια της αποτελεσματικότητας της αγοράς λόγω του πανικού της πανδημίας, καθώς οι επενδυτές λειτούργησαν μαζικά και προβλέψιμα (herding), αγνοώντας τα θεμελιώδη μεγέθη (Broadstock et al., 2021; Olbrys & Majewska, 2022).

Σε ό,τι αφορά την επόμενη φάση, παρά το αρχικό σοκ, ο δείκτης 7. World SRI

επέστρεψε πάνω από τον μέσο όρο πολύ γρήγορα, σχηματίζοντας μια χαρακτηριστική ανάκαμψη τύπου «V» εντός του 2020. Αυτό αποδεικνύει ότι το πλήγμα στην αποτελεσματικότητα ήταν έντονο αλλά παροδικό και ότι η αγορά ESG ανέκτησε άμεσα την υγεία της, αποκαθιστώντας την τυχαία κίνηση των τιμών.

Τέλος, για τη μεταγενέστερη περίοδο, από το 2021 και μετά, ο δείκτης διατηρείται σταθερά πάνω από τον μέσο όρο (με τιμές συχνά άνω του 2,5), γεγονός που δείχνει ότι η αγορά συνέχισε να λειτουργεί αποτελεσματικά και να αφομοιώνει ομαλά τις πληροφορίες. Σε αντίθεση με τα ευρήματα του Regime Switching που έδειξαν αυξημένη μεταβλητότητα λόγω γεωπολιτικών αναταραχών, η εντροπία αποκαλύπτει ότι η δομή της αγοράς παρέμεινε υγιής και δεν υπήρξε ξανά φαινόμενο μαζικού πανικού.

5.5 Συγκριτική Αξιολόγηση Επιδόσεων (ESG vs. Benchmarks)

Το κεφάλαιο των εμπειρικών αποτελεσμάτων ολοκληρώνεται με τη συγκριτική αξιολόγηση της συνολικής απόδοσης των χαρτοφυλακίων. Προκειμένου να εξεταστεί εάν η ενσωμάτωση των κριτηρίων ESG προσφέρει πραγματική αξία στον επενδυτή, χρησιμοποιήθηκαν δύο συμπληρωματικά εργαλεία. Ο Δείκτης Sharpe (Sharpe Ratio) για τη μέτρηση της απόδοσης προσαρμοσμένης στον κίνδυνο και οι Σωρευτικές Αποδόσεις (Cumulative Returns) για τη μέτρηση της αύξησης του πλούτου σε απόλυτα μεγέθη.

5.5.1 Δείκτης Sharpe (Risk-Adjusted Performance)

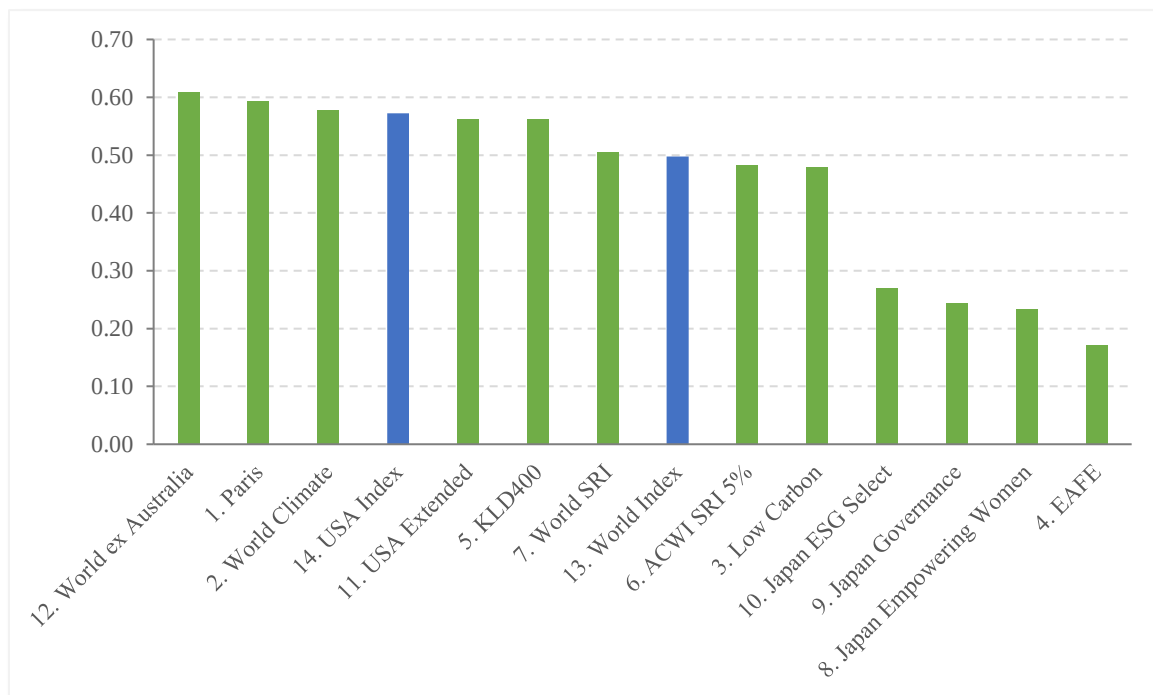
Ο Δείκτης Sharpe αποτελεί το πλέον διαδεδομένο εργαλείο για την αξιολόγηση της "εξυπνάδας" μιας επενδυτικής στρατηγικής, καθώς διαιρεί το κέρδος με τον κίνδυνο που αναλήφθηκε. Για τις ανάγκες της μελέτης, το επιτόκιο χωρίς κίνδυνο (Risk-Free Rate, R_f) ορίστηκε ίσο με μηδέν (0%). Η παραδοχή αυτή υιοθετήθηκε προκειμένου να εστιάσουμε αποκλειστικά στη συγκριτική αξιολόγηση της απόδοσης των δεικτών μεταξύ τους, απλοποιώντας τον μαθηματικό τύπο σε $SR = R_p / \sigma_p$ (Sharpe, 1966). Στον Πίνακα 5.5.1 παρουσιάζεται η κατάταξη των δεικτών βάσει του Sharpe Ratio, ταξινομημένη κατά φθίνουσα σειρά.

Πίνακας 5.5.1: Κατάταξη Επιδόσεων βάσει Sharpe Ratio ($R_f = 0\%$)

Δείκτης	Sharpe Ratio	Annual Return	Annual Volatility
12. World ex Australia	0,61	9,50%	15,61%
1. Paris	0,59	9,21%	15,51%
2. World Climate	0,58	8,98%	15,57%
14. USA Index	0,57	10,15%	17,73%
11. USA Extended	0,56	10,02%	17,82%
5. KLD400	0,56	10,21%	18,20%
7. World SRI	0,51	7,53%	14,91%
13. World Index	0,50	7,48%	15,03%
6. ACWI SRI 5%	0,48	6,95%	14,40%
3. Low Carbon	0,48	6,88%	14,38%
10. Japan ESG Select	0,27	4,93%	18,29%
9. Japan Governance	0,24	4,53%	18,63%
8. Japan Empowering Women	0,23	4,24%	18,12%
4. EAFE	0,17	2,48%	14,48%

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Σειρά με κίτρινο χρώμα ο δείκτης με την καλύτερη απόδοση Sharpe.*

Τα αποτελέσματα του πίνακα αποτυπώνονται οπτικά στο Διάγραμμα 5.5.1, επιτρέποντας την άμεση σύγκριση της αποδοτικότητας.



Διάγραμμα 5.5.1: Συγκριτικό Ραβδόγραμμα Sharpe Ratio

Από τα παραπάνω διαπιστώνουμε κάποια σημαντικά σημεία. Πρωτίστως, στην κρίσιμη παγκόσμια σύγκριση, ο δείκτης 7. World SRI (0,51) ξεπερνά οριακά αλλά σταθερά τον συμβατικό 13. World Index (0,50). Αυτό αποδεικνύει ότι η στρατηγική ESG πέτυχε καλύτερη απόδοση ανά μονάδα κινδύνου, καταρρίπτοντας τον μύθο ότι η ηθική επένδυση συνεπάγεται θυσία των κερδών (Friede et al., 2015).

Ακολούθως, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο δείκτης 1. Paris (0,59), ο οποίος καταλαμβάνει τη 2^η θέση συνολικά. Το γεγονός ότι ξεπερνά ακόμα και τον ισχυρό Αμερικανικό δείκτη (USA Index), αποδεικνύει ότι τα αυστηρά περιβαλλοντικά κριτήρια (Paris Aligned) μπορούν να οδηγήσουν σε κορυφαίες αποδόσεις διατηρώντας το ρίσκο σε χαμηλά επίπεδα (~15,5%).

Εν κατακλείδι, παρόλο που ο 14. USA Index κατέγραψε τα υψηλότερα απόλυτα κέρδη (10,15%), το υψηλό ρίσκο του (17,73%) του στέρησε την πρωτιά στο Sharpe Ratio. Το εύρημα αυτό επιβεβαιώνει τη θεμελιώδη αρχή των χρηματοοικονομικών ότι η υψηλή απόδοση δεν σημαίνει απαραίτητα "άριστη" επένδυση, εάν συνοδεύεται από υπερβολική μεταβλητότητα.

5.5.2 Σωρευτικές Αποδόσεις (Cumulative Returns)

Η εικόνα της αξιολόγησης ολοκληρώνεται με την εξέταση της εξέλιξης του πλούτου σε απόλυτα μεγέθη. Οι Σωρευτικές Αποδόσεις λειτουργούν ως πολλαπλασιαστές του αρχικού κεφαλαίου, δημιουργώντας έναν θεωρητικό Δείκτη Πλούτου (Wealth Index). Η μέθοδος αυτή υποθέτει μια αρχική επένδυση της μονάδας (1€) στην αρχή της περιόδου (2015) και ενσωματώνει την επίδραση του ανατοκισμού, αποτυπώνοντας το πραγματικό όφελος μιας στρατηγικής διακράτησης (Buy and Hold) σε βάθος δεκαετίας (Brooks, 2019). Τιμές μεγαλύτερες του 1,0 υποδηλώνουν κέρδος.

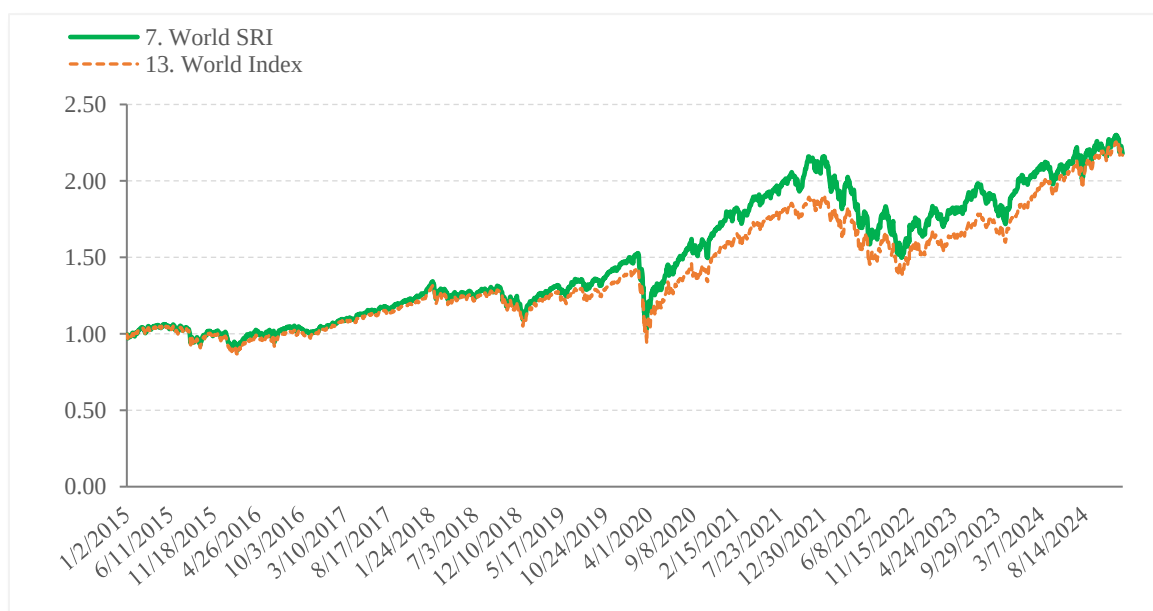
Για λόγους πληρότητας, στον Πίνακα 5.5.2 παρουσιάζεται η τελική αξία της επένδυσης για το σύνολο των δεικτών στο τέλος της εξεταζόμενης περιόδου (31/12/2024).

Πίνακας 5.5.2: Τελική Αξία Επένδυσης 1€ (2015-2024)

Δείκτης	Τελική Αξία (€)	Συνολική Απόδοση (%)
1. Paris	2,59	159%
2. World Climate	2,53	153%
3. Low Carbon	2,04	104%
4. EAFE	1,29	29%
5. KLD400	2,88	188%
6. ACWI SRI 5%	2,05	105%
7. World SRI	2,18	118%
8. Japan Empowering Women	1,55	55%
9. Japan Governance	1,60	60%
10. Japan ESG Select	1,67	67%
11. USA Extended	2,82	182%
12. World ex Australia	2,67	167%
13. World Index	2,17	117%
14. USA Index	2,86	186%

Όπως προκύπτει από τον πίνακα, η αμερικανική αγορά και οι ESG παραλλαγές της (5. KLD 400) κυριάρχησαν σε απόλυτες αποδόσεις, σχεδόν τριπλασιάζοντας το αρχικό κεφάλαιο. Στο επίπεδο της παγκόσμιας σύγκρισης, ο 7. World SRI (2,18€) διατηρεί ένα μικρό αλλά ουσιαστικό προβάδισμα έναντι του 13. World Index (2,17€).

Η δυναμική αυτής της σχέσης αποτυπώνεται αναλυτικά στο Διάγραμμα 5.5.2, το οποίο εστιάζει στη σύγκριση μεταξύ του ESG χαρτοφυλακίου και του δείκτη αναφοράς.



Διάγραμμα 5.5.2: Σωρευτικές Αποδόσεις | 7. World SRI vs 13. World Index

Παρατηρώντας τη διαχρονική εξέλιξη, διαπιστώνεται ότι ο δείκτης 7. World SRI καταγράφει συστηματικά υψηλότερη σωρευτική απόδοση σε σχέση με τον benchmark δείκτη, με την απόσταση μεταξύ των δύο γραμμών να μεγαλώνει σταθερά υπέρ του ESG χαρτοφυλακίου για το μεγαλύτερο μέρος της δεκαετίας.

Συγκεκριμένα, ενώ και οι δύο επενδύσεις ξεκινούν από την ίδια βάση (1€), ο επενδυτής του ESG δείκτη διατηρεί προβάδισμα πλούτου. Αξιοσημείωτο είναι ότι αμέσως μετά την κατάρρευση της αγοράς τον Μάρτιο του 2020 (COVID-19), ο ESG δείκτης ανέκαμψε με μεγαλύτερη δυναμική, δημιουργώντας ένα περιθώριο ασφαλείας (buffer) απόδοσης που διατηρήθηκε και διευρύνθηκε καθ' όλη τη διάρκεια των γεωπολιτικών αναταραχών του 2022. Το φαινόμενο αυτό επιβεβαιώνει ότι οι εταιρείες με υψηλή βαθμολογία ESG προσφέρουν καλύτερη προστασία και ταχύτερη ανάκαμψη σε περιόδους κρίσης, οδηγώντας τελικά σε υπέρτερη συσσώρευση πλούτου (Garel & Petit-Romec, 2021).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα μελέτη διεξήγαγε μια πολυδιάστατη εμπειρική διερεύνηση της συμπεριφοράς των δεικτών ESG κατά την περίοδο 2015-2024, μιας δεκαετίας που χαρακτηρίστηκε από έντονη μεταβλητότητα και διαδοχικές κρίσεις. Μέσα από την εφαρμογή προηγμένων οικονομετρικών υποδειγμάτων και δεικτών αξιολόγησης χαρτοφυλακίου, επιχειρήθηκε η απάντηση στο κεντρικό ερευνητικό ερώτημα κατά πόσον η ενσωμάτωση κριτηρίων βιωσιμότητας προσφέρει, εκτός από ηθική ικανοποίηση, και ουσιαστικά οικονομικά οφέλη. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης φωτίζουν τη δυναμική σχέση μεταξύ υπεύθυνων επενδύσεων και χρηματοοικονομικής σταθερότητας, οδηγώντας σε συμπεράσματα βαρύνουσας σημασίας για το σύγχρονο επενδυτικό περιβάλλον.

6.1 Σύνοψη Κυρίων Ευρημάτων

Στο πλαίσιο αυτό, η έρευνα δεν περιορίστηκε στην απλή καταγραφή των αποδόσεων, αλλά επεδίωξε την εις βάθος κατανόηση των υποκείμενων μηχανισμών του κινδύνου. Η πρωτοτυπία της έγκειται στον συνδυασμό τριών διαφορετικών μεθοδολογικών προσεγγίσεων, και πιο συγκεκριμένα του υποδείγματος EGARCH, του Markov Regime Switching και της Rolling Sample Entropy, σε μια περίοδο που περιλαμβάνει δύο διαδοχικά ακραία και απρόβλεπτα γεγονότα, την πανδημία και τη γεωπολιτική κρίση. Σε αντίθεση με προγενέστερες μελέτες που εστίασαν μεμονωμένα στην κρίση του COVID-19, η παρούσα εργασία επεκτείνει την ανάλυση έως το 2024, προσφέροντας νέα εμπειρικά δεδομένα για τη διαχρονική ανθεκτικότητα του ESG.

Τα εμπειρικά ευρήματα επιβεβαιώνουν ότι οι δείκτες ESG λειτουργούν ως μηχανισμός ανθεκτικότητας (resilience mechanism) σε περιόδους υψηλής αβεβαιότητας. Μέσω του υποδείγματος EGARCH, αποδείχθηκε ότι ο δείκτης 7. World SRI παρουσιάζει χαμηλότερη ευαισθησία σε ασύμμετρα σοκ σε σύγκριση με τον συμβατικό δείκτη αναφοράς (13. World Index). Αυτό το στοιχείο υποδηλώνει ότι οι εταιρείες με υψηλή βαθμολογία ESG διαθέτουν ισχυρότερα θεμελιώδη μεγέθη και αποτελεσματικότερη διαχείριση κινδύνου, χαρακτηριστικά που τις καθιστούν ασφαλές καταφύγιο για τους επενδυτές (Albuquerque et al., 2019).

Επιπλέον, η εφαρμογή του Markov Regime Switching ανέδειξε τη δυναμική προσαρμογή των δεικτών στις δομικές αλλαγές της αγοράς. Ενώ οι συμβατικοί δείκτες εμφάνισαν τάση εγκλωβισμού σε καθεστώτα υψηλής μεταβλητότητας, τα ESG χαρτοφυλακία επέδειξαν ταχύτερα αντανakλαστικά ανάκαμψης. Το εύρημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς διαφοροποιεί την παρούσα εργασία από στατικές προσεγγίσεις, αποδεικνύοντας ότι η αγορά παρουσιάζει μακροχρόνια εξάρτηση και ότι οι βιώσιμες επενδύσεις επιταχύνουν την επιστροφή στην κανονικότητα μετά από συστημικά σοκ (Broadstock et al., 2021).

Παράλληλα, η ανάλυση της Κυλιόμενης Εντροπίας κατέδειξε ότι ο αντιπροσωπευτικός δείκτης 7. World SRI διατηρεί υψηλότερα επίπεδα πολυπλοκότητας και πληροφοριακής αποτελεσματικότητας έναντι του δείκτη αναφοράς. Το γεγονός αυτό καταρρίπτει την άποψη ότι οι εφαρμογές του ESG περιορίζουν κατ' ανάγκη την αγορά. Αντίθετα, φαίνεται πως οι βέλτιστα σχεδιασμένες στρατηγικές βιωσιμότητας (όπως αποτυπώνονται στον 7. World SRI και τον 1. Paris) συμβάλλουν σε μια πιο αποτελεσματική αγορά (Efficient Market Hypothesis), όπου η πληροφορία διαχέεται ελεύθερα και η πιθανότητα αγελαιίας συμπεριφοράς μειώνεται (Papla & Siedlecki, 2024).

Τέλος, η συγκριτική αξιολόγηση χαρτοφυλακίου έδωσε πειστική απάντηση στο δίλημμα μεταξύ ηθικής και κέρδους. Ο δείκτης 7. World SRI πέτυχε υψηλότερο Δείκτη Sharpe και οδήγησε σε μεγαλύτερη τελική συσσώρευση πλούτου έναντι του γενικού δείκτη. Ακόμη πιο εντυπωσιακή ήταν η υπεροχή του δείκτη 1. Paris, ο οποίος ξεπέρασε σε όρους risk-adjusted απόδοσης ακόμη και τις επιθετικές αγορές, αποδεικνύοντας ότι η αυστηρή περιβαλλοντική συμμόρφωση αποτελεί πηγή ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος (Friede et al., 2015).

6.2 Επενδυτικές και Πολιτικές Προεκτάσεις

Τα αποτελέσματα της εργασίας έχουν άμεσες και πρακτικές εφαρμογές για το ευρύτερο χρηματοοικονομικό οικοσύστημα, απαντώντας στο ερώτημα της σκοπιμότητας των ESG επενδύσεων. Για τους θεσμικούς και ιδιώτες επενδυτές, το βασικό συμπέρασμα είναι ότι το ESG δεν αποτελεί πλέον μια επιλογή πολυτέλειας, αλλά ένα απαραίτητο

εργαλείο αντιστάθμισης κινδύνου. Καθώς αποδείχθηκε ότι τα βιώσιμα χαρτοφυλάκια ελαχιστοποιούν τις απώλειες στις περιόδους έντονης πτώσης, οι διαχειριστές κεφαλαίων δύνανται να τα χρησιμοποιήσουν για τη θωράκιση των θέσεών τους έναντι ακραίων γεγονότων, βελτιώνοντας τη συνολική σχέση κινδύνου και απόδοσης (Garel & Petit-Romec, 2021).

Επιπροσθέτως, η μελέτη καταρρίπτει τον φόβο του κόστους ευκαιρίας. Η παραμονή σε παραδοσιακούς δείκτες που αγνοούν τα κριτήρια βιωσιμότητας συνεπάγεται πλέον ανάληψη υψηλότερου ρίσκου για χαμηλότερη τελική απόδοση. Συνεπώς, η ενσωμάτωση ESG κριτηρίων καθίσταται μονόδρομος για τη μεγιστοποίηση της μακροχρόνιας αξίας του χαρτοφυλακίου.

Για τους διαμορφωτές πολιτικής και τις ρυθμιστικές αρχές, η ανάλυση της Εντροπίας και του Regime Switching προσφέρει ισχυρά επιχειρήματα υπέρ της ενίσχυσης του πλαισίου διαφάνειας. Εφόσον οι ESG επενδύσεις αποδεικνύονται λιγότερο επιρρεπείς σε φαινόμενα πανικού και συμβάλλουν στη συστημική σταθερότητα, οι εποπτικές αρχές έχουν κάθε λόγο να θεσπίσουν κίνητρα για τη στροφή κεφαλαίων προς τη βιώσιμη ανάπτυξη. Η υψηλότερη πληροφοριακή αποτελεσματικότητα που καταγράφηκε δικαιώνει τις πρωτοβουλίες για υποχρεωτική δημοσιοποίηση μη χρηματοοικονομικών στοιχείων, καθώς η διαφάνεια λειτουργεί ως παράγοντας μείωσης της αβεβαιότητας στην αγορά (Engle, 1982).

6.3 Περιορισμοί της Μελέτης

Παρά την μεθοδολογική αρτιότητα και τα ισχυρά εμπειρικά ευρήματα, η παρούσα εργασία υπόκειται σε ορισμένους περιορισμούς, οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Η αναγνώριση αυτών των περιορισμών δεν μειώνει την αξία της έρευνας, αλλά αντιθέτως οριοθετεί το πεδίο ισχύος των συμπερασμάτων και διασφαλίζει την επιστημονική ακεραιότητα.

Αρχικά, η ανάλυση βασίστηκε στη χρήση χρηματιστηριακών δεικτών (indices) ως υποκατάστατα (proxies) για την απόδοση των στρατηγικών ESG. Μολονότι οι δείκτες της MSCI αποτελούν το βιομηχανικό πρότυπο, ενδέχεται να μην αποτυπώνουν πλήρως την

ιδιοσυγκρασιακή συμπεριφορά μεμονωμένων «πράσινων» εταιρειών. Η χρήση συγκεντρωτικών δεικτών τείνει να εξομαλύνει τις ακραίες διακυμάνσεις, γεγονός που ίσως υποεκτιμά τον πραγματικό κίνδυνο που αναλαμβάνει ένας επενδυτής που επιλέγει συγκεκριμένες μετοχές και όχι ένα ευρύ χαρτοφυλάκιο (Brooks, 2019).

Επιπλέον, υφίσταται ο εγγενής περιορισμός της βαθμολόγησης ESG (ESG rating). Η μελέτη έλαβε ως δεδομένη την αξιολόγηση της MSCI για τη συγκρότηση των δεικτών, χωρίς να εξετάσει την ποιότητα των δεδομένων που παρείχαν οι εταιρείες. Το φαινόμενο του «Greenwashing», όπου εταιρείες παρουσιάζουν παραπλανητικά θετική εικόνα για τις περιβαλλοντικές τους επιδόσεις, αποτελεί αστάθμητο παράγοντα που ενδέχεται να αλλοιώνει τη σύνθεση των χαρτοφυλακίων και, κατ' επέκταση, τα αποτελέσματα της συσχέτισης με τον κίνδυνο (Raghunandan & Rajgopal, 2020).

Περαιτέρω, παρόλο που η χρονική περίοδος 2015-2024 είναι επαρκής για οικονομετρική ανάλυση και περιλαμβάνει σημαντικούς κύκλους μεταβλητότητας (COVID-19, Ενεργειακή Κρίση, Γεωπολιτικές Αναταραχές), παραμένει σχετικά σύντομη στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής. Οι επιπτώσεις των φυσικών κινδύνων (physical risks) από την κλιματική αλλαγή έχουν μακροχρόνιο ορίζοντα και ενδέχεται να μην έχουν ακόμη ενσωματωθεί πλήρως στις τρέχουσες αποτιμήσεις των περιουσιακών στοιχείων.

Συνοψίζοντας, η μεθοδολογική προσέγγιση εστίασε σε μονομεταβλητά^[7] υποδείγματα (Univariate EGARCH, Markov Switching) για την εξέταση κάθε δείκτη ξεχωριστά. Αν και αυτό επέτρεψε την εις βάθος ανάλυση της ιδιοσυγκρασιακής μεταβλητότητας, δεν διερευνήθηκαν οι δυναμικές συσχετίσεις (dynamic correlations) και οι δευτερογενείς επιδράσεις (spillover effects) μεταξύ των δεικτών ESG και άλλων κατηγοριών περιουσιακών στοιχείων, όπως τα εμπορεύματα ενέργειας ή τα ομόλογα.

[7] Τα μονομεταβλητά (univariate) υποδείγματα αναλύουν τη συμπεριφορά μίας μεμονωμένης χρονοσειράς αυτόνομα, χωρίς να εξετάζουν τις ταυτόχρονες αλληλεπιδράσεις ή τη δομή συσχέτισης (correlation structure) με άλλες μεταβλητές της αγοράς (Brooks, 2019).

6.4 Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης ανοίγουν νέους δρόμους για περαιτέρω ερευνητική διερεύνηση, καθώς το τοπίο των βιώσιμων επενδύσεων εξελίσσεται ραγδαία. Βάσει των περιορισμών που αναφέρθηκαν και των τάσεων που εντοπίστηκαν, προτείνονται οι ακόλουθες κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα.

Αρχικά, κρίνεται σκόπιμη η επέκταση της ανάλυσης σε επίπεδο δυναμικών συσχετίσεων. Η χρήση πολυμεταβλητών υποδειγμάτων, όπως το DCC-GARCH, θα μπορούσε να φωτίσει τον βαθμό αλληλεξάρτησης μεταξύ ESG μετοχών και μη βιώσιμων περιουσιακών στοιχείων (π.χ. πετρέλαιο, φυσικό αέριο). Μια τέτοια προσέγγιση θα απαντούσε στο ερώτημα εάν το ESG προσφέρει πραγματική διαφοροποίηση (diversification) σε ένα μικτό χαρτοφυλάκιο ή αν απλώς ακολουθεί τις τάσεις της ευρύτερης αγοράς σε περιόδους κρίσης.

Επίσης, μελλοντικές μελέτες θα μπορούσαν να εστιάσουν στο φαινόμενο του Greenwashing, χρησιμοποιώντας εργαλεία Ανάλυσης Κειμένου (Textual Analysis) και Επεξεργασίας Φυσικής Γλώσσας (NLP) στις εταιρικές ανακοινώσεις (Capelle-Blancard & Petit, 2019). Η χρήση τέτοιων καινοτόμων μεθόδων θα μπορούσε να διαλευκάνει περαιτέρω τη σχέση μεταξύ ρητών δεσμεύσεων και πραγματικής απόδοσης, η οποία συχνά εμφανίζεται πολύπλοκη και ανομοιογενής στην υφιστάμενη βιβλιογραφία (Friede et al., 2015).

Μια ακόμη ενδιαφέρουσα προέκταση αφορά τη σύγκριση διαφορετικών γεωγραφικών περιοχών και κανονιστικών πλαισίων. Καθώς η Ευρωπαϊκή Ένωση πρωτοστατεί με αυστηρότερο ρυθμιστικό πλαίσιο (SFDR) έναντι των ΗΠΑ και της Ασίας, θα είχε ενδιαφέρον να εξεταστεί εάν η γεωγραφική προέλευση οδηγεί σε διαφορετική συμπεριφορά κινδύνου-απόδοσης. Υπάρχουν ήδη ενδείξεις ότι τα παγκόσμια χαρτοφυλάκια (Global) τείνουν να εμφανίζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά απόδοσης σε σχέση με τα περιφερειακά (Regional), γεγονός που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης (Hornuf & Yüksel, 2023).

Συνοψίζοντας, η παρούσα εργασία κατέδειξε ότι η ενσωμάτωση κριτηρίων ESG δεν αποτελεί απλώς μια ηθική απαίτηση, αλλά μια ορθολογική οικονομική στρατηγική που

μειώνει τον συστηματικό κίνδυνο (Albuquerque et al., 2019). Μέσα από μια σειρά διαδοχικών κρίσεων της τελευταίας δεκαετίας, οι βιώσιμες επενδύσεις απέδειξαν την ανθεκτικότητά τους, προσφέροντας ασφάλεια, προσαρμοστικότητα και ανώτερες αποδόσεις. Σε έναν κόσμο που αλλάζει βίαια, το ESG αναδεικνύεται ως το σημείο αναφοράς που οδηγεί τις αγορές προς μια πιο σταθερή και αποτελεσματική κατεύθυνση.

Βιβλιογραφία

- Albuquerque, R., Koskinen, Y., & Zhang, C. (2019). Corporate social responsibility and firm risk: Theory and empirical evidence. *Management Science*.
- Alizadeh, A., & Nomikos, N. (2004). A Markov regime switching approach for hedging stock indices. *Journal of Futures Markets*, 24(7), 649-674.
- Alizadeh, S., Brandt, M. W., & Diebold, F. X. (2002). Range-based estimation of stochastic volatility models. *The Journal of Finance*, 57(3), 1047-1091.
- Aman, H., Beekes, W., & Brown, P. (2020). Corporate governance and transparency in Japan. *The International Journal of Accounting*.
- Andersen, T. G., & Bollerslev, T. (1998). Answering the skepticism: Yes, standard volatility models do provide accurate forecasts. *International Economic Review*, 39(4), 885-905.
- Aono, K., & Okimoto, T. (2021). When the Japan Empowering Women Index Outperforms its Parent and the ESG Select Leaders Indexes? Keio-IES Discussion Paper Series.
- Bian, S. X., Fan, J. H., & Wong, V. S. (2016). Volatility of socially responsible investments in Australia. Griffith University Research Repository.
- Blitz, D. (2022). Betting against oil: The implications of divesting from fossil fuel stocks. *Journal of Asset Management*, 23, 222-233.
- Boman, T., & Jangestål, S. (2017). Beating the MSCI USA Index by using other weighting techniques. (Master's thesis, KTH Royal Institute of Technology).
- Briand, R., Lee, L., Lieblich, S., Menou, V., & Singh, A. (2015). Beyond divestment: Using low carbon indexes. MSCI Research.
- Broadstock, D. C., Chan, K., Cheng, L. T., & Wang, X. (2021). The role of ESG performance during times of financial crisis: Evidence from COVID-19 in China. *Finance Research Letters*, 38, 101716.

- Brooks, C. (2019). *Introductory Econometrics for Finance* (4th ed.). Cambridge University Press.
- Buchholz, F., Jaeschke, R., Lopatta, K., & Maas, K. (2018). The use of optimistic tone by narcissistic CEOs. *European Accounting Review*.
- Capelle-Blancard, G., & Petit, A. (2019). Every little helps? ESG news and stock market reaction. *Journal of Business Ethics*, 157, 543-565.
- CFA Institute, GSIA, & PRI. (2023). *Definitions for Responsible Investment Approaches*. Retrieved from <https://rpc.cfainstitute.org>
- Cheong, H., Kim, J., & Yoon, A. (2024). Does foreign institutional capital promote green growth for emerging market firms? *SSRN Electronic Journal*.
- Cleveland, C. J., & Reibstein, R. (2015). The path to fossil fuel divestment for universities: Climate responsible investment. Boston University Institute for Sustainable Energy.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366a), 427-431.
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica*, 50(4), 987-1007.
- Engle, R. F., & Ng, V. K. (1993). Measuring and testing the impact of news on volatility. *The Journal of Finance*, 48(5), 1749-1778.
- Engler, D., Gutsche, G., & Smeets, P. (2024). Why do investors pay higher fees for sustainable investments? Netspar Design Paper.
- Fatemi, A., & Fooladi, I. (2013). Sustainable finance: A new paradigm. *Global Finance Journal*, 24(2), 101-113.
- Fichtner, J., Jaspert, R., & Petry, J. (2024). Mind the ESG capital allocation gap: The role of index providers, standard-setting, and “green” indices for the creation of sustainability impact. *Regulation & Governance*.

- Friede, G., Busch, T., & Bassen, A. (2015). ESG and financial performance: Aggregated evidence from more than 2000 empirical studies. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 5(4), 210-233.
- Gabriel, F., Lozano, M., & Matias, R. (2022). The low-carbon equity market: A new alternative for investment diversification? *International Review of Financial Analysis*, 79.
- Garel, A., & Petit-Romec, A. (2021). Investor rewards to environmental responsibility: Evidence from the COVID-19 crisis. *Journal of Corporate Finance*, 68, 101-948.
- Giese, G., & Shah, D. (2025). ESG ratings in global equity markets: A long-term performance review. *The Journal of Portfolio Management*.
- Gubareva, M., Umar, Z., Sokolova, T., & Antonyuk, V. (2023). For whom does it pay to be a moral capitalist? Sustainability of corporate financial performance of ESG investment. *PLOS ONE*, 18(5).
- Guidolin, M., & Panzeri, G. F. (2024). Forecasting the CBOE VIX and SKEW indices using heterogeneous autoregressive models. *Risks*, 12(1).
- Gupta, A., & Subramanian, M. (2014). Economic exposure in global investing. MSCI Research Paper.
- Ha Do, B., et al. (2025). Constructing investment portfolios with climate-relevant metrics: A multifaceted problem. *SSRN Electronic Journal*.
- Hamilton, J. D. (1989). A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle. *Econometrica*, 57(2), 357-384.
- Heldmann, P., Brückner, B., & Dang, T. (2025). Financial returns of going green: Evidence from MSCI indices. *Journal of Asset Management*.
- Hornuf, L., & Yüksel, G. (2023). The performance of socially responsible investments: A meta-analysis. *Journal of Risk and Financial Management*, 16(1), 2.

- Ito, S., Itoi, T., Năstase, M., & Nicolae, B. (2024). ESG effect on the corporate value of technology companies. *Proceedings of the International Conference on Business Excellence*, 18(1), 2275-2285.
- Jain, M., Sharma, G. D., & Srivastava, M. (2019). Can sustainable investment yield better financial returns: A comparative study of ESG indices and MSCI indices. *Risks*, 7(1), 15.
- Jarque, C. M., & Bera, A. K. (1980). Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals. *Economics Letters*, 6(3), 255-259.
- Kappou, K., & Oikonomou, I. (2016). Is there a gold social seal? The financial effects of additions to and deletions from social stock indices. *Journal of Business Ethics*, 133, 533-552.
- Kim, M. (2023). Low-carbon portfolios and capital market responses to climate change. *KCMI Capital Market Perspectives*.
- Lakkis, E. (2022). Real effects of ESG investing. *SSRN Electronic Journal*.
- Latinovic, M., & Obradovic, T. (2013). The performance of socially responsible investments. *Management*, 68, 45-52.
- Managi, S., & Okimoto, T. (2012). Do socially responsible investment indexes outperform conventional indexes? *Applied Financial Economics*.
- Mehrotra, V., Roth, L., Tsujimoto, Y., & Wiwattanakantan, Y. (2024). Index inclusion and corporate social performance: Evidence from the MSCI Empowering Women Index. *SSRN Electronic Journal*.
- Molnár, P. (2012). Properties of range-based volatility estimators. *International Review of Financial Analysis*, 23, 20-29.
- MSCI. (2017). MSCI ACWI SRI 5% Issuer Capped Methodology. MSCI Inc. Retrieved from <https://www.msci.com>
- MSCI. (2023). MSCI USA Extended ESG Leaders Methodology. MSCI Inc. Retrieved from <https://www.msci.com>

- MSCI. (2024a). MSCI EAFE ex Fossil Fuels Methodology. MSCI Inc. Ανακτήθηκε από: <https://www.msci.com>
- MSCI. (2024b). MSCI KLD 400 Social Index Methodology. MSCI Inc. Ανακτήθηκε από: <https://www.msci.com>
- MSCI. (2024c). MSCI Japan Empowering Women Methodology. MSCI Inc. Ανακτήθηκε από: <https://www.msci.com>
- MSCI. (2024d). MSCI Japan Governance-Quality Methodology. MSCI Inc. Ανακτήθηκε από: <https://www.msci.com>
- MSCI. (2024e). MSCI Japan ESG Select Leaders Methodology. MSCI Inc. Ανακτήθηκε από: <https://www.msci.com>
- MSCI. (2024f). MSCI World ex Australia Methodology. MSCI Inc. Ανακτήθηκε από: <https://www.msci.com>
- MSCI. (2025a). MSCI Paris Aligned Methodology. MSCI Inc. Ανακτήθηκε από: <https://www.msci.com>
- MSCI. (2025b). MSCI Climate Change CTB Indexes Methodology. MSCI Inc. Ανακτήθηκε από: <https://www.msci.com>
- MSCI. (2025c). MSCI ACWI Low Carbon Methodology. MSCI Inc. Ανακτήθηκε από: <https://www.msci.com>
- MSCI. (2025d). MSCI WORLD SRI Filtered PAB Methodology. MSCI Inc. Ανακτήθηκε από: <https://www.msci.com>
- MSCI. (2025e). MSCI Global Investable Market Indexes Methodology. MSCI Inc. Ανακτήθηκε από: <https://www.msci.com>
- MSCI. (χ.χ.). MSCI Official Website - Index Data. Ανακτήθηκε από: <https://www.msci.com>
- Mushtaq, R. (2011). Testing time series data for stationarity. SSRN Electronic Journal.

- Nelson, D. B. (1991). Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach. *Econometrica*, 59(2), 347-370.
- Nofsinger, J., & Varma, A. (2014). Socially responsible funds and market crises. *Journal of Banking & Finance*, 48, 180-193.
- Olbryś, J., & Majewska, E. (2022). Regularity in stock market indices within turbulence periods: The sample entropy approach. *Entropy*, 24(7).
- Papla, D., & Siedlecki, R. (2024). Entropy as a tool for the analysis of stock market efficiency during periods of crisis. *Entropy*, 26.
- Raghunandan, A., & Rajgopal, S. (2022). Do the socially responsible walk the talk? *Management Science*, 68(10).
- Richman, J. S., & Moorman, J. R. (2000). Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 278(6), H2039-H2049.
- Selmi, R. (2023). Do investors care about carbon risk? The impact of the Paris agreement on the inflation hedging performance of commodities. *Energy Economics*.
- Sharpe, W. F. (1966). Mutual fund performance. *The Journal of Business*, 39(1), 119-138.
- Tadoori, G., & Kiran, V. U. (2023). ESG portfolio vs traditional portfolio analysis - A study of MSCI ESG indices. *SSRN Electronic Journal*.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. Κώδικες Python

Η εκτέλεση κάθε παρακάτω κώδικα πραγματοποιήθηκε στο διαδικτυακό περιβάλλον Google Colab. Ορισμένες εντολές (όπως `!pip install`) αφορούν την εγκατάσταση βιβλιοθηκών στο συγκεκριμένο περιβάλλον.

```
# --- Εγκατάσταση Απαραίτητων Βιβλιοθηκών (Google Colab) ---

!pip install arch

!pip install antropy

!pip install openpyxl

# --- Εισαγωγή Βιβλιοθηκών ---

import pandas as pd

import numpy as np

import matplotlib.pyplot as plt

import statsmodels.api as sm

from statsmodels.tsa.stattools import adfuller

from statsmodels.stats.diagnostic import het_arch

from arch import arch_model

from statsmodels.tsa.regime_switching.markov_autoregression import
MarkovAutoregression

import antropy as ant

import warnings

# Ρύθμισεις απεικόνισης και αγνόηση προειδοποιήσεων

warnings.filterwarnings("ignore")

plt.style.use('seaborn-v0_8-whitegrid')

# --- Φόρτωση και Επεξεργασία Δεδομένων ---

excel_file_path = "All MSCI Data.xlsx"
```

```

sheet_names = [

    "1. Paris", "2. World Climate", "3. Low Carbon", "4. EAFE",

    "5. KLD400", "6. ACWI SRI 5%", "7. World SRI", "8. Japan Empowering
        Women", "9. Japan Governance", "10. Japan ESG Select", "11. USA
        Extended", "12. World ex Australia", "13. World Index", "14. USA
        Index" ]

header_row = 5

all_returns_list = []

print("--- Έναρξη Φόρτωσης και Υπολογισμού Αποδόσεων ---")

for sheet in sheet_names:

    try:

        # Ανάγνωση δεδομένων από το Excel

        df = pd.read_excel(excel_file_path, sheet_name=sheet,
header=header_row)

        df = df.iloc[:, :2] # Επιλογή στηλών Date και Price

        df.columns = ['Date', 'Price']

        # Καθαρισμός και ορισμός ημερομηνίας ως ευρετήριο

        df['Date'] = pd.to_datetime(df['Date'], errors='coerce')

        df.dropna(subset=['Date', 'Price'], inplace=True)

        df.set_index('Date', inplace=True)

        df['Price'] = pd.to_numeric(df['Price'], errors='coerce')

        # Υπολογισμός Λογαριθμικών Αποδόσεων (Log Returns)

        #  $R_t = \ln(P_t / P_{t-1})$ 

        df['Return'] = np.log(df['Price'] / df['Price'].shift(1))

        # Αποθήκευση της σειράς αποδόσεων με το όνομα του δείκτη

        returns_series = df['Return'].dropna()

        returns_series.name = sheet

```



```

        all_returns_list.append(returns_series)

    except Exception as e:

        print(f"Σφάλμα κατά την επεξεργασία του {sheet}: {e}")

# Δημιουργία ενιαίου DataFrame με τις αποδόσεις όλων των δεικτών
returns_df = pd.concat(all_returns_list, axis=1)

returns_df.dropna(inplace=True)

print("--- Η προετοιμασία δεδομένων ολοκληρώθηκε επιτυχώς ---")


# --- Συνάρτηση Ελέγχου Augmented Dickey-Fuller (ADF) ---
def run_adf_test(series, index_name):

    """ Εκτελεί έλεγχο στασιμότητας.

        H0: Η χρονοσειρά έχει μοναδιαία ρίζα (Non-Stationary). """

    result = adfuller(series.dropna())

    p_value = result[1]

    conclusion = "Stationary (Reject H0)" if p_value < 0.05 else "Non-Stationary (Fail to Reject H0)"

    return {

        "Index": index_name,

        "ADF Statistic": result[0],

        "p-value": p_value,

        "Conclusion": conclusion}


# --- Συνάρτηση Ελέγχου Engle's ARCH-LM ---
def run_arch_lm_test(series, index_name, lags=10):

    """ Εκτελεί έλεγχο για την ύπαρξη ARCH effects.

        H0: Ομοσκεδαστικότητα (Απουσία ARCH effects). """

    test_result = het_arch(series.dropna(), nlags=lags)

```

```

    p_value = test_result[1]

    conclusion = "ARCH Effects (Reject H0)" if p_value < 0.05 else "Stable
Volatility (Fail to Reject H0)"

    return {

        "Index": index_name,

        "ARCH-LM Statistic": test_result[0],

        "p-value": p_value,

        "Conclusion": conclusion }

# --- Εκτέλεση Ελέγχων και Εξαγωγή Αποτελεσμάτων ---

adf_results = []

arch_results = []

for col in returns_df.columns:

    adf_results.append(run_adf_test(returns_df[col], col))

    arch_results.append(run_arch_lm_test(returns_df[col], col))

# Μετατροπή σε DataFrame για παρουσίαση

adf_df = pd.DataFrame(adf_results).set_index("Index")

arch_df = pd.DataFrame(arch_results).set_index("Index")

# Αποθήκευση σε Excel

with pd.ExcelWriter("Statistical_Tests_Results.xlsx") as writer:

    adf_df.to_excel(writer, sheet_name="ADF Results")

    arch_df.to_excel(writer, sheet_name="ARCH-LM Results")

print("Οι στατιστικοί έλεγχοι ολοκληρώθηκαν.")

# --- Υπολογισμός Monthly Realized Volatility ---

# Αναγωγή σε μηνιαία συχνότητα (Month End) και υπολογισμός τυπικής
απόκλισης

monthly_volatility = returns_df.resample('ME').std()

```

```

monthly_volatility.to_csv("Monthly_Realized_Volatility.csv")

# --- Υπολογισμός Range-Based Volatility Estimators ---

# Σημείωση: Αποαιτεί τις τιμές Open, High, Low, Close (OHLC)

final_range_results = []

for sheet in sheet_names:

    try:

        # Φόρτωση πλήρων δεδομένων OHLC

        df_ohlc = pd.read_excel(excel_file_path, sheet_name=sheet,
                                header=header_row)

        df_ohlc.columns = ['Date', 'Close', 'Open', 'High', 'Low',
                            'Volume']

        df_ohlc['Date'] = pd.to_datetime(df_ohlc['Date'],
                                           errors='coerce')

        df_ohlc.set_index('Date', inplace=True)

        # Μετατροπή σε numeric και διαχείριση ελλειπουσών τιμών

        cols = ['Open', 'High', 'Low', 'Close']

        for c in cols:

            df_ohlc[c] = pd.to_numeric(df_ohlc[c], errors='coerce')

        df_ohlc.dropna(subset=cols, inplace=True)

        # Resample σε Μηνιαία δεδομένα (Λήψη μεγίστων, ελαχίστων κ.λπ.)

        monthly_ohlc = df_ohlc.resample('ME').agg({

            'Open': 'first', 'High': 'max', 'Low': 'min', 'Close': 'last'

        })

        # Λογαρίθμηση τιμών για τους τύπους υπολογισμού

        o = np.log(monthly_ohlc['Open'])

        h = np.log(monthly_ohlc['High'])

        l = np.log(monthly_ohlc['Low'])

```

```

c = np.log(monthly_ohlc['Close'])

c_prev = c.shift(1)

# 1. Parkinson Estimator

sigma2_park = (1 / (4 * np.log(2))) * ((h - l)**2)

# 2. Garman-Klass Estimator

sigma2_gk = 0.5 * ((h - l)**2) - (2 * np.log(2) - 1) * ((c -
o)**2)

# 3. Rogers-Satchell Estimator

sigma2_rs = (h - c) * (h - o) + (l - c) * (l - o)

# 4. Yang-Zhang Estimator

k = 0.34

sigma2_overnight = (o - c_prev)**2

sigma2_open_close = (c - o)**2

sigma2_yz = sigma2_overnight + (k * sigma2_open_close) + ((1 - k)
* sigma2_rs)

# Μέσος όρος των 4 μεθόδων (Composite Estimator)

vol_average = np.nanmean([np.sqrt(sigma2_park),
                           np.sqrt(sigma2_gk),
                           np.sqrt(sigma2_rs),
                           np.sqrt(sigma2_yz)], axis=0)

final_range_results.append(pd.Series(vol_average,
index=monthly_ohlc.index, name=sheet))

except Exception:

    continue

range_vol_df = pd.concat(final_range_results, axis=1)

range_vol_df.to_excel("Range_Based_Volatility.xlsx")

```

```

# Λίστα για αποθήκευση της υπό συνθήκη μεταβλητότητας (Conditional
Volatility)

egarch_results = []

print("--- Έναρξη εκτίμησης EGARCH(1,1) ---")

for col in returns_df.columns:

    try:

        # Κλιμάκωση αποδόσεων για βελτιστοποίηση σύγκλισης (Rescaling)

        returns_scaled = returns_df[col] * 100

        # Ορισμός μοντέλου: Constant Mean, EGARCH(1,1), Student's t
        Distribution

        model = arch_model(returns_scaled, vol='EGARCH', p=1, q=1, o=1,
dist='t', rescale=False)

        # Εκπαίδευση μοντέλου

        res = model.fit(dispatch='off')

        # Εξαγωγή Conditional Volatility και επαναφορά κλίμακας

        volatility = res.conditional_volatility / 100

        vol_series = pd.Series(volatility, name=col)

        egarch_results.append(vol_series)

    except Exception as e:

        print(f"Αποτυχία εκτίμησης για {col}: {e}")

# Αποθήκευση αποτελεσμάτων

egarch_df = pd.concat(egarch_results, axis=1)

egarch_df.to_excel("Daily_EGARCH_Volatility.xlsx")

print("Η διαδικασία EGARCH ολοκληρώθηκε.")

# Λίστα για αποθήκευση πιθανοτήτων (Smoothed Probabilities)

mrs_results = []

```

```

print("--- Έναρξη ανάλυσης Regime Switching ---")

for col in returns_df.columns:

    try:

        # Ορισμός μοντέλου Markov Autoregression (2 καθεστώτα, order=0)

        # Switching Variance: True (επιτρέπει αλλαγή στη διακύμανση)

        mod = MarkovAutoregression(returns_df[col], k_regimes=2,
order=0, switching_variance=True)

        # Εκπαίδευση μοντέλου

        res = mod.fit()

        # Εξαγωγή Smoothed Probabilities για το Regime 0

        # (Ελέγχουμε εκ των υστέρων ποιο καθεστώς αντιστοιχεί στην κρίση
βάσει διακύμανσης)

        probs = res.smoothed_marginal_probabilities[0]

        probs_series = pd.Series(probs, index=returns_df.index,
name=col)

        mrs_results.append(probs_series)

    except Exception as e:

        print(f"Σφάλμα στο {col}: {e}")

# Αποθήκευση αποτελεσμάτων

mrs_df = pd.concat(mrs_results, axis=1)

mrs_df.to_excel("Regime_Switching_Probabilities.xlsx")

print("Η ανάλυση Regime Switching ολοκληρώθηκε.")


window_size = 126 # Παράθυρο 6 μηνών

entropy_results = []

print("--- Έναρξη υπολογισμού Rolling Sample Entropy ---")

for sheet in sheet_names:

```

```

try:

    # Ανάκτηση δεδομένων από το προετοιμασμένο DataFrame

    series = returns_df[sheet]

    results = {}

    # Κυλιόμενος υπολογισμός

    for i in range(window_size, len(series)):

        window_data = series.iloc[i-window_size:i].values

        # Παράμετροι SampEn: m=2, r=0.2*std (τυπική επιλογή
        # βιβλιογραφίας)

        r_val = 0.2 * np.std(window_data)

        try:

            val = ant.sample_entropy(window_data, order=2,
metric='chebyshev')

            results[series.index[i]] = val

        except:

            continue

    # Αποθήκευση αποτελεσμάτων δείκτη

    entropy_df = pd.DataFrame.from_dict(results, orient='index',
columns=[sheet])

    entropy_results.append(entropy_df)

except Exception as e:

    print(f"Σφάλμα στο {sheet}: {e}")

# Ενοποίηση και αποθήκευση

final_entropy_df = pd.concat(entropy_results, axis=1)

final_entropy_df.to_excel("Rolling_Sample_Entropy.xlsx")

print("Ο υπολογισμός Εντροπίας ολοκληρώθηκε.")

```

```

rf_rate = 0.0 # Risk-Free Rate

portfolio_summary = []

cumulative_returns = pd.DataFrame()

print("--- Έναρξη Ανάλυσης Χαρτοφυλακίου ---")

for col in returns_df.columns:

    series = returns_df[col]

    # 1. Υπολογισμός Sharpe Ratio (Ετησιοποιημένο)

    mean_return = series.mean()

    volatility = series.std()

    sharpe_ratio = (mean_return - rf_rate) / volatility * np.sqrt(252)

    # Ετήσια μεγέθη για αναφορά

    ann_return = mean_return * 252

    ann_vol = volatility * np.sqrt(252)

    portfolio_summary.append({

        'Index Name': col,

        'Sharpe Ratio': sharpe_ratio,

        'Annual Return': ann_return,

        'Annual Volatility': ann_vol })

    # 2. Υπολογισμός Σωρευτικών Αποδόσεων (Cumulative Returns)

    # Μετατροπή log returns σε απλές σωρευτικές: exp(cumsum)

    cumulative_returns[col] = np.exp(series.cumsum())

# Αποθήκευση Πίνακα Sharpe Ratios

summary_df = pd.DataFrame(portfolio_summary).set_index('Index Name')

summary_df.sort_values(by='Sharpe Ratio', ascending=False, inplace=True)

summary_df.to_excel("Portfolio_Sharpe_Ratios.xlsx")

# Αποθήκευση Σωρευτικών Αποδόσεων

```



```
cumulative_returns.to_excel("Portfolio_Cumulative_Returns.xlsx")

print("Η Ανάλυση Χαρτοφυλακίου ολοκληρώθηκε.")
```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β. Μεθοδολογία Υπολογισμών (Excel)

Υπολογισμός	Μαθηματική Διατύπωση	Συνάρτηση Excel / Διαδικασία
Ημερήσια Λογαριθμική Απόδοση	$R_t = \ln(P_t / P_{t-1})$	=LN(<i>Next_Daily Return</i> / <i>Previous_Daily Return</i>)
Περιγραφική Στατιστική	Μέσος, Τυπική Απόκλιση, Ασυμμετρία, Κύρτωση	Data Analysis ToolPak (<i>Descriptive Statistics -> Summary Statistics</i>)
Στατιστικό Jarque-Bera (JB)	$JB = N/6(S^2 + K^2/4)$	=(Count/6)*(Skewness^2 + (Kurtosis^2/4)) (Χρήση των τιμών από τον πίνακα Περιγραφικής)
Jarque-Bera p-value	$P(X^2_2 > JB)$	=CHISQ.DIST.RT(<i>JB_Value</i> ; 2) (Δεξίπολη κατανομή Χι-τετράγωνο με 2 B.E.)
Ετησιοποιημένος Δείκτης Sharpe	$SR_{ann} = \bar{R}_p / \sigma_p \times \sqrt{252}$	=(<i>Meso_Kerdos</i> / <i>Tipiki_Apoklisi</i>) * SQRT(252) (Προσαρμογή σε ετήσια βάση)

□