ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

Τμήμα Λογιστικής Και Χρηματοοικονομικής

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ»

«Πρόβλεψη Συναλλαγματικών Ισοτιμιών Με Χρήση Χρονολογικών Σειρών»

Διπλωματική Εργασία

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Λογιστικής και Χρηματοοικονομικής του ΕΛΜΕΠΑ ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στη Χρηματοοικονομική Διοίκηση από τον

Βροντάκης Αναστάσιος

Ηράκλειο

Απρίλιος 2026

ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

Ο μεταπτυχιακός φοιτητής που εκπόνησε την παρούσα διπλωματική εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στη βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (μη-εμπορικός, μη-κερδοσκοπικός, αλλά εκπαιδευτικός-ερευνητικός), της φύσης του υλικού που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες κ.λπ.), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή την γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου.

Η παρούσα διπλωματική εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την τριμελή εξεταστική επιτροπή η οποία ορίστηκε από την Σ.Ε. του Τμήματος Λογιστικής και Χρηματοοικονομικής του ΕΛΜΕΠΑ, σύμφωνα με το νόμο και τον εγκεκριμένο Κανονισμό Διπλωματικών Εργασιών του ΠΜΣ «Χρηματοοικονομική Διοίκηση».

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Κυρίκος Δημήτριος (Επιβλέπων)
- Χατζηαντωνίου Ιωάννης (Μέλος)
- Φλώρος Χρήστος (Μέλος)

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από την Σ.Ε. δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. ***Δημήτριο Κυρίκο****, για την καθοδήγηση και τη βοήθειά του καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας.*

Ευχαριστώ επίσης την οικογένειά μου για τη συνεχή στήριξη και την ενθάρρυνσή τους σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ ***6***

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ***6***

Περίληψη (Ελληνικά) ***8***

Abstract (English) ***10***

Κεφάλαιο 1-Εισαγωγή ***11***

Κεφάλαιο 2-Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας ***14***

2.1 – Εισαγωγή Στην Συναλλαγματική Πρόβλεψη **14**

2.2 – Κλασσική Βιβλιογραφία Πρόβλεψης Συναλλαγματικών Ισοτιμιών **15**

2.3 – Σύγχρονες Εμπειρικές Προσεγγίσεις **17**

2.4 -Μοντέλα Markov-Switching **20**

2.5 – Rolling Forecasting Και Εκτός Δείγματος Αξιολόγηση **22**

Κεφάλαιο 3–Μεθοδολογία ***25***

3.1- Δεδομένα **25**

3.2- Μεθοδολογία Και Οικονομετρικά Υποδείγματα **26**

3.2.1 *Υπόδειγμα Διανυσματικής Αυτοπαλινδρόμησης (VAR)* 27

3.2.2 *Υποδείγματα MARKOV-SWITCHING VAR (MS-VAR)* 28

3.2.3 *Διαδικασία Εκτίμησης Και Προβλεπτική Αξιολόγηση* 30

Κεφάλαιο 4-Εμπειρική Ανάλυση Δεδομένων ***32***

4.1 Περιγραφικά Στατιστικά Και Γραφική Ανάλυση **32**

4.2 Έλεγχοι Στασιμότητας **38**

4.3 Εκτίμηση Διμεταβλητών Υποδειγμάτων VAR **42**

4.3.1 *Υπόδειγμα VAR Για Την Ευρωζώνη (EUR/USD)* 42

4.3.2 *Υπόδειγμα VAR Για Το Ηνωμένο Βασίλειο (GBP/USD)* 44

4.3.3 *Υπόδειγμα VAR Για Την Ιαπωνία (JPY/USD)* 46

4.4 Εκτίμηση Διμεταβλητών Υποδειγμάτων Markov-Switching VAR (MS-VAR) **48**

4.4.1 *Η Περίπτωση Της Ευρωζώνης (EUR/USD)* 49

4.4.2 *Η Περίπτωση Του Ηνωμένου Βασιλείου (GBP/USD)* 50

4.4.3 *Η Περίπτωση Της Ιαπωνίας (JPY/USD)* 51

4.5 Γραφική Αναπαράσταση Των Καθεστώτων (Smoothed Probabilities) **52**

Κεφάλαιο 5-Πρόβλεψη Και Αξιολόγηση Προβλεπτικής Ικανότητας Των Υποδειγμάτων VAR Και MS-VAR ***56***

5.1 Πλαίσιο, Διαδικασία Πρόβλεψης Και Μέτρα Αξιολόγησης **56**

5.2 Αποτελέσματα Αξιολόγησης Προβλέψεων Ευρωζώνης (EUR/USD) 57

5.3 Αποτελέσματα Αξιολόγησης Προβλέψεων Βρετανικής Λίρας (GBP/USD) 58

5.4 Αποτελέσματα Αξιολόγησης Προβλέψεων Ιαπωνίας (JPY/USD) 59

5.5 Συνοπτική Αξιολόγηση Και Συμπεράσματα Προβλεπτικής Ικανότητας 59

Κεφάλαιο 6-Συμπεράσματα, Περιορισμοί Και Προτάσεις..... 61

6.1- Εισαγωγή Κεφαλαίου 61

6.2- Ανασκόπηση Σκοπού Και Μεθοδολογίας 62

6.3- Συγκεντρωτική Αξιολόγηση Των Εμπειρικών Αποτελεσμάτων 63

6.3.1- *ΕΥΡΩΖΩΝΗ (EUR/USD)* 63

6.3.2 - *Ηνωμένο Βασίλειο (GBP/USD)* 65

6.3.3 *Ιαπωνία (JPY/USD)* 66

6.4 Η Κατάρριψη Του Τυχαίου Περιπάτου Και Η Σύνδεση Με Την Διεθνή Βιβλιογραφία 67

6.5 Πρακτικές Και Επενδυτικές Προεκτάσεις 69

6.6 Περιορισμοί Τη Έρευνας Και Προτάσεις..... 71

Παραρτήματα..... 73

Αναφορές 85

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Περιληπτικά στατιστικά των συναλλαγματικών ισοτιμιών EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD (1999:01–2025:11) σελ. ...33

Πίνακας 2: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ελέγχων μοναδιαίας ρίζας (ADF) για τις συναλλαγματικές ισοτιμίες EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD σελ. ...39

Πίνακας 3: Αποτελέσματα Ελέγχου Συνολοκλήρωσης (Johansen) σελ. ...40

Πίνακας 4: ADF έλεγχος μοναδιαίας ρίζας στις λογαριθμικές διαφορές (ld) σελ. ...40

Πίνακας 5: Αποτελέσματα ελέγχων μοναδιαίας ρίζας (ADF) για τις διαφορές πληθωρισμού σελ. ...41

Πίνακας 6: Εκτίμηση Διμεταβλητού Υποδείγματος VAR(1) για την Ευρωζώνη σελ. ...43

Πίνακας 7: Εκτίμηση Διμεταβλητού Υποδείγματος VAR(1) για το Ηνωμένο Βασίλειο σελ. ...45

Πίνακας 8: Εκτίμηση Διμεταβλητού Υποδείγματος VAR(1) για την Ιαπωνία σελ. ...47

Πίνακας 9: Αποτελέσματα MS-VAR για την Ευρωζώνη (EUR/USD) σελ. ...49

Πίνακας 10: Αποτελέσματα MS-VAR για το Ηνωμένο Βασίλειο (GBP/USD) σελ. ...50

Πίνακας 11: Αποτελέσματα MS-VAR για την Ιαπωνία (JPY/USD) σελ. ..51

Πίνακας 12: Σύγκριση Σφαλμάτων Πρόβλεψης (EUR/USD) σελ. ...57

Πίνακας 13: Σύγκριση Σφαλμάτων Πρόβλεψης (GBP/USD) σελ. ...58

Πίνακας 14: Σύγκριση Σφαλμάτων Πρόβλεψης (JPY/USD) σελ. ..59

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Ιστόγραμμα συχνοτήτων της ισοτιμίας EUR/USD (1999-2025) σελ. ...35

Σχήμα 2: Ιστόγραμμα συχνοτήτων της ισοτιμίας JPY/USD (1999-2025) σελ. ...36

Σχήμα 3: Ιστόγραμμα συχνοτήτων της ισοτιμίας GBP/USD (1999-2025) σελ. ...37

Γράφημα 4: Συναρτήσεις Κρουστικής Απόκρισης (IRF) για την Ευρωζώνη σελ. ...44

Γράφημα 5: Συναρτήσεις Κρουστικής Απόκρισης (IRF) για το Ηνωμένο Βασίλειο σελ. ...46

Γράφημα 6: Συναρτήσεις Κρουστικής Απόκρισης (IRF) για την Ιαπωνία σελ. ...48

Γράφημα 7: Εξομαλυμένες Πιθανότητες Καθεστώτος Υψηλής Μεταβλητότητας (Κρίσης) – EUR/USD σελ. ..53.

Γράφημα 8: Εξομαλυμένες Πιθανότητες Καθεστώτος Υψηλής Μεταβλητότητας (Κρίσης) – GBP/USD σελ. ...54

Γράφημα 9: Εξομαλυμένες Πιθανότητες Καθεστώτος Υψηλής Μεταβλητότητας (Κρίσης) – JPY/USD σελ. ..55

Περίληψη (Ελληνικά)

Σκοπός: Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως κύριο στόχο τη διερεύνηση της προβλεπτικής ικανότητας υποδειγμάτων χρονολογικών σειρών για τις βασικές συναλλαγματικές ισοτιμίες EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD. Συγκεκριμένα, η μελέτη επιδιώκει να συγκρίνει την αποτελεσματικότητα ενός απλοϊκού υποδείγματος Τυχαίου Περιπάτου (Random Walk), ενός γραμμικού υποδείγματος Διανυσματικής Αυτοπαλινδρόμησης (VAR) και ενός μη γραμμικού υποδείγματος με εναλλαγή καθεστώτων (Markov-Switching VAR). Ο στόχος είναι να διαπιστωθεί εάν η ταυτόχρονη ενσωμάτωση μακροοικονομικών θεμελιωδών, όπως οι διαφορές πληθωρισμού, και η αναγνώριση διαφορετικών καθεστώτων μεταβλητότητας βελτιώνει την ακρίβεια των προβλέψεων.

Μεθοδολογία: Η εμπειρική ανάλυση βασίζεται σε μηνιαία δεδομένα για την περίοδο Ιανουάριος 1999 – Μάρτιος 2025. Αφού πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητοι έλεγχοι στασιμότητας (ADF) και συνολοκλήρωσης (Johansen), εκτιμήθηκαν διμεταβλητά υποδείγματα VAR(1) και MS(2)-VAR(1) δύο καθεστώτων, τα οποία ενσωματώνουν τις διαφορές πληθωρισμού μεταξύ των εξεταζόμενων οικονομιών και των ΗΠΑ. Η αξιολόγηση της προβλεπτικής ικανότητας πραγματοποιήθηκε εκτός δείγματος (out-of-sample) για την περίοδο Δεκεμβρίου 2023 – Μαρτίου 2025 (16 μήνες), χρησιμοποιώντας ως κριτήρια το Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα (RMSE) και το Μέσο Απόλυτο Σφάλμα (MAE).

Ευρήματα: Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι το μη γραμμικό υπόδειγμα MS-VAR υπερέχει σταθερά τόσο του γραμμικού VAR όσο και του υποδείγματος Random Walk στην εκτός δείγματος πρόβλεψη, επιτυγχάνοντας τα χαμηλότερα σφάλματα και για τις τρεις εξεταζόμενες ισοτιμίες. Επιπλέον, το MS-VAR εντόπισε με απόλυτη επιτυχία τις ιστορικές περιόδους υψηλής μεταβλητότητας (όπως η χρηματοπιστωτική κρίση του 2008, η κρίση χρέους της Ευρωζώνης, το Brexit και η πανδημία), επιβεβαιώνοντας την ικανότητά του να προσαρμόζεται σε απότομα συστημικά σοκ.

Πρωτοτυπία/Αξία: Η μελέτη συνεισφέρει στη διεθνή βιβλιογραφία, καταρρίπτοντας επιτυχώς το κλασικό "παζλ" των Meese & Rogoff για την ανωτερότητα του Random Walk. Αναδεικνύει ότι η αγορά συναλλάγματος χαρακτηρίζεται από έντονη μη γραμμικότητα και αποδεικνύει πως η συνεκτίμηση του πληθωρισμού μέσω υποδειγμάτων

αλλαγής καθεστώτος (regime switching) προσφέρει ένα εξαιρετικά αξιόπιστο εργαλείο ανάλυσης και αντιστάθμισης κινδύνου για επενδυτές και νομισματικές αρχές.

Λέξεις-Κλειδιά: Πρόβλεψη Συναλλαγματικών Ισοτιμιών, Διαφορές Πληθωρισμού, Υποδείγματα VAR, Markov-Switching VAR, Random Walk, Εκτός Δείγματος Πρόβλεψη.

Abstract (English)

Purpose: The primary objective of this master's thesis is to investigate the forecasting accuracy of time series models for major exchange rate pairs, specifically EUR/USD, GBP/USD, and JPY/USD. The study aims to compare the performance of the naive Random Walk benchmark, a linear Vector Autoregression (VAR) model, and a non-linear Markov-Switching VAR (MS-VAR) model. The goal is to determine whether incorporating macroeconomic fundamentals, such as inflation differentials, alongside regime-switching mechanisms enhances forecasting precision.

Design/methodology/approach: The empirical analysis utilizes monthly data covering the period from January 1999 to March 2025. Following unit root (ADF) and cointegration (Johansen) tests, bivariate VAR(1) and two-regime MS(2)-VAR(1) models were estimated, explicitly incorporating inflation differentials between the respective economies and the US. Forecasting performance was evaluated out-of-sample for the period December 2023 – March 2025 (16 months) using standard error metrics, including Root Mean Squared Error (RMSE) and Mean Absolute Error (MAE).

Findings: The empirical results indicate that the non-linear MS-VAR model consistently outperforms both the linear VAR and the Random Walk benchmark in out-of-sample forecasting, yielding the lowest error metrics across all three currency pairs. Furthermore, the MS-VAR model successfully identified distinct regimes corresponding to major historical economic shocks (e.g., the 2008 global financial crisis, the Eurozone debt crisis, Brexit, and the COVID-19 pandemic), validating its capability to adapt dynamically to systemic crises.

Originality/value: This study contributes to the existing literature by successfully challenging the classic Meese-Rogoff puzzle regarding the superiority of the Random Walk. It highlights that foreign exchange markets are characterized by strong non-linear dynamics and demonstrates that combining inflation differentials with regime-switching models provides a highly reliable analytical and hedging tool for investors and policymakers.

Keywords: Exchange Rate Forecasting, Inflation Differentials, VAR Models, Markov-Switching VAR, Random Walk, Out-of-Sample Forecasting.

Κεφάλαιο 1-Εισαγωγή

Οι συναλλαγματικές ισοτιμίες αποτελούν έναν από τους βασικότερους δείκτες της διεθνούς οικονομικής δραστηριότητας, καθώς επηρεάζουν άμεσα το εξωτερικό εμπόριο, τις διασυνοριακές επενδύσεις, τη χρηματοδότηση επιχειρήσεων και τη διαχείριση χαρτοφυλακίων. Οι μεταβολές στις ισοτιμίες επηρεάζουν το κόστος εισαγωγών και εξαγωγών, την ανταγωνιστικότητα των οικονομιών και, κατ' επέκταση, την οικονομική ανάπτυξη και τη σταθερότητα. Για τον λόγο αυτό, η κατανόηση και η πρόβλεψη της μελλοντικής πορείας των συναλλαγματικών ισοτιμιών έχει αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία τόσο για τους φορείς οικονομικής πολιτικής όσο και για τους συμμετέχοντες στις χρηματοπιστωτικές αγορές.

Η πρόβλεψη των συναλλαγματικών ισοτιμιών αποτελεί μια ιδιαίτερα απαιτητική ερευνητική διαδικασία, καθώς οι ισοτιμίες επηρεάζονται από πλήθος μακροοικονομικών, χρηματοπιστωτικών και γεωπολιτικών παραγόντων, οι οποίοι συχνά μεταβάλλονται απρόβλεπτα. Η σχετική διεθνής βιβλιογραφία έχει δείξει ότι ακόμη και καλά δομημένα οικονομικά μοντέλα δυσκολεύονται να υπερισχύσουν την απλή πρόβλεψη τυχαίου περιπάτου. Χαρακτηριστικά, η μελέτη των Meese and Rogoff (1983) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα περισσότερα μακροοικονομικά υποδείγματα δεν καταφέρνουν να αποδώσουν καλύτερες εκτός δείγματος προβλέψεις σε σύγκριση με ένα υπόδειγμα random walk. Επιπλέον, οι Engel and West (2005) προσφέρουν θεωρητική τεκμηρίωση για τη συχνή εμφάνιση συμπεριφοράς τύπου τυχαίου περιπάτου στις ισοτιμίες, υποστηρίζοντας ότι οι προσδοκίες για μελλοντικές θεμελιώδεις μεταβλητές παίζουν καθοριστικό ρόλο στη δυναμική τους.

Παρά τα παραπάνω ευρήματα, η ερευνητική προσπάθεια για αποτελεσματικότερη πρόβλεψη των συναλλαγματικών ισοτιμιών συνεχίζεται, με αρκετές νεότερες μελέτες να προτείνουν ότι συγκεκριμένα οικονομικά μεγέθη ή πιο σύνθετες μεθοδολογίες ενδέχεται να προσφέρουν βελτιωμένη προβλεπτική ικανότητα. Ο Mark (1995), για παράδειγμα, υποστηρίζει ότι σε μακρύτερους χρονικούς ορίζοντες ορισμένες θεμελιώδεις μεταβλητές μπορούν να συμβάλουν στην καλύτερη πρόβλεψη των ισοτιμιών. Επιπλέον, η ανασκόπηση της Rossi (2013) τονίζει ότι η χρήση πολυμεταβλητών μοντέλων και εναλλακτικών εκτιμητικών τεχνικών, όπως τα αυτοπαλίνδρομα διανυσματικά

υποδείγματα και τα υποδείγματα με μεταβαλλόμενα καθεστώτα, μπορεί να οδηγήσει σε πιο αξιόπιστες προβλέψεις, ιδίως σε περιβάλλοντα υψηλής μεταβλητότητας.

Στο πλαίσιο αυτής της συζήτησης, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρήση πολυμεταβλητών υποδειγμάτων και μοντέλων που επιτρέπουν αλλαγές καθεστώτος, καθώς μπορούν να αποτυπώσουν πιο εύστοχα τη δυναμική και την αστάθεια των χρηματοπιστωτικών αγορών. Τα αυτοπαλίνδρομα διανυσματικά υποδείγματα (VAR) επιτρέπουν την ταυτόχρονη εξέταση της αλληλεπίδρασης μεταξύ πολλών μεταβλητών, ενώ τα υποδείγματα Markov-Switching VAR δίνουν τη δυνατότητα να καταγραφούν πιθανά καθεστώτα υψηλής και χαμηλής μεταβλητότητας. Η μεθοδολογική αυτή προσέγγιση έχει εφαρμοστεί σε διάφορες πρόσφατες μελέτες, όπως του Kirikos (2024), όπου χρησιμοποιείται συνδυασμός VAR και Markov-Switching VAR για την αποτίμηση της προβλεπτικής ικανότητας χρονοσειρών σε περιβάλλοντα με μεταβαλλόμενη δυναμική. Τα στοιχεία αυτά καθιστούν τα συγκεκριμένα υποδείγματα κατάλληλη επιλογή για τη μελέτη των συναλλαγματικών ισοτιμιών.

Με βάση τα παραπάνω, η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την προβλεπτική ικανότητα διαφόρων υποδειγμάτων χρονολογικών σειρών για τις συναλλαγματικές ισοτιμίες EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD, ενσωματώνοντας ως βασική μακροοικονομική μεταβλητή τις διαφορές πληθωρισμού (inflation differentials), χρησιμοποιώντας μηνιαία δεδομένα για την περίοδο 1999–2025.. Η ανάλυση επικεντρώνεται στη σύγκριση των προβλέψεων ενός υποδείγματος τυχαίου περιπάτου με εκείνες ενός υποδείγματος VAR και ενός υποδείγματος Markov-Switching VAR, ακολουθώντας τη λογική της εκτός δείγματος αξιολόγησης μέσω κυλιόμενων προβλέψεων (rolling forecasts). Για τη σύγκριση των προβλεπτικών επιδόσεων εφαρμόζεται το κριτήριο της ρίζας του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Root Mean Squared Error, RMSE), ενώ πραγματοποιούνται και οι απαραίτητοι έλεγχοι στασιμότητας πριν την εκτίμηση των υποδειγμάτων. Η εργασία οργανώνεται ως εξής: Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται η σχετική βιβλιογραφική ανασκόπηση, εστιάζοντας στη μετάβαση από τα κλασικά υποδείγματα στις σύγχρονες μη γραμμικές προσεγγίσεις. Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφονται τα δεδομένα και αναλύεται η μεθοδολογία των υποδειγμάτων VAR και Markov-Switching VAR. Στο Κεφάλαιο 4 παρατίθενται τα εμπειρικά αποτελέσματα της εκτίμησης, συμπεριλαμβανομένων των ελέγχων στασιμότητας, συνολοκλήρωσης και των διαγνωστικών ελέγχων των υποδειγμάτων. Στο Κεφάλαιο 5

πραγματοποιείται η αξιολόγηση της προβλεπτικής ικανότητας των υποδειγμάτων εκτός δείγματος (out-of-sample) και η μεταξύ τους σύγκριση. Τέλος, στο Κεφάλαιο 6 συνοψίζονται τα ευρήματα, συζητούνται οι περιορισμοί της έρευνας και διατυπώνονται τα τελικά συμπεράσματα.

Κεφάλαιο 2-Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

2.1 – Εισαγωγή Στην Συναλλαγματική Πρόβλεψη

Η πρόβλεψη των συναλλαγματικών ισοτιμιών αποτελεί ένα από τα πιο σύνθετα και μακροχρόνια ερευνητικά ζητήματα της διεθνούς χρηματοοικονομικής. Οι τιμές των νομισμάτων αντικατοπτρίζουν την αλληλεπίδραση πληθώρας παραγόντων, όπως τα επιτόκια, ο πληθωρισμός, η οικονομική δραστηριότητα, οι ροές κεφαλαίων και οι χρηματοπιστωτικές προσδοκίες. Παράλληλα, οι ισοτιμίες επηρεάζονται από βραχυχρόνια γεγονότα, όπως πολιτικές εξελίξεις ή αλλαγές στη διάθεση των επενδυτών, τα οποία συχνά εντείνουν τη μεταβλητότητά τους. Ως αποτέλεσμα, η ακριβής πρόβλεψη της μελλοντικής πορείας των ισοτιμιών παραμένει ιδιαίτερα δύσκολη, γεγονός που έχει οδηγήσει σε εκτεταμένη θεωρητική και εμπειρική έρευνα τις τελευταίες δεκαετίες.

Η δυσκολία στην πρόβλεψη των συναλλαγματικών ισοτιμιών έχει αναδειχθεί επανειλημμένα στη διεθνή ερευνητική βιβλιογραφία. Αναφέρθηκε ήδη μελέτη των Meese and Rogoff (1983), οι οποίοι έδειξαν ότι ακόμη και σύνθετα μακροοικονομικά υποδείγματα αδυνατούν να παράγουν προβλέψεις ανώτερες από ένα απλό υπόδειγμα τυχαίου περιπάτου, όταν αξιολογούνται εκτός δείγματος. Η διαχρονική αυτή διαπίστωση υποδηλώνει ότι οι ισοτιμίες ενδέχεται να ενσωματώνουν τις πληροφορίες της αγοράς τόσο άμεσα, ώστε οι βραχυχρόνιες προβλέψεις να είναι εξαιρετικά δύσκολες. Σε μεταγενέστερη συμβολή, οι Engel and West (2005) προσέφεραν θεωρητική εξήγηση για το φαινόμενο αυτό, υποστηρίζοντας ότι, όταν οι θεμελιώδεις οικονομικές μεταβλητές είναι μη στάσιμες και προεξοφλούνται σε μεγάλο βαθμό από τους επενδυτές, η ίδια η συναλλαγματική ισοτιμία τείνει να εμφανίζει συμπεριφορά παρόμοια με τυχαίο περίπατο.

Παρά τις δυσκολίες αυτές, η μελέτη της συμπεριφοράς των συναλλαγματικών ισοτιμιών έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη εκτεταμένης βιβλιογραφίας που επιχειρεί να κατανοήσει καλύτερα τους παράγοντες που καθορίζουν τις μεταβολές τους και συμβάλλουν δυνητικά στην πρόβλεψη των ισοτιμιών. Στο πέρασμα των ετών έχουν προταθεί διάφορες θεωρητικές προσεγγίσεις και εμπειρικές μέθοδοι, από απλά μακροοικονομικά υποδείγματα έως πιο πολύπλοκες πολυμεταβλητές και μη γραμμικές τεχνικές. Η εξέλιξη αυτής της βιβλιογραφίας προσφέρει το απαραίτητο υπόβαθρο για την κατανόηση των

θεμελιωδών σχέσεων που διέπουν τις ισοτιμίες και αποτελεί το σημείο εκκίνησης για την ανάλυση που ακολουθεί στις επόμενες υποενότητες.

2.2 – Κλασσική Βιβλιογραφία Πρόβλεψης Συναλλαγματικών Ισοτιμιών

Η προσπάθεια πρόβλεψης των συναλλαγματικών ισοτιμιών έχει μακρά ιστορία στη χρηματοοικονομική έρευνα, καθώς η ακριβής εκτίμηση των μελλοντικών μεταβολών των νομισματικών τιμών αποτελεί κρίσιμο στοιχείο για επενδυτές, επιχειρήσεις και φορείς οικονομικής πολιτικής. Οι πρώτες εμπειρικές μελέτες επιδίωξαν να εξηγήσουν τις μεταβολές των ισοτιμιών μέσω μακροοικονομικών σχέσεων, βασισμένων σε θεωρίες όπως η ισοδυναμία επιτοκίων ή η αγοραστική δύναμη. Ωστόσο, με την εμφάνιση πιο αυστηρών εμπειρικών αξιολογήσεων στα τέλη της δεκαετίας του 1970 και τις αρχές του 1980, έγινε εμφανές ότι τα περισσότερα από τα παραδοσιακά υποδείγματα αδυνατούσαν να παράγουν αξιόπιστες προβλέψεις, ιδίως όταν εξετάζονταν εκτός δείγματος. Αυτό οδήγησε στην ανάδειξη της ανάγκης για πιο συστηματική και εμπεριστατωμένη προσέγγιση της συναλλαγματικής πρόβλεψης.

Σημαντική καμπή στη βιβλιογραφία αποτέλεσε η ήδη αναφερθείσα μελέτη των Meese and Rogoff (1983), η οποία αμφισβήτησε την έως τότε επικρατούσα άποψη ότι οι συναλλαγματικές ισοτιμίες μπορούν να προβλεφθούν με βάση μακροοικονομικά θεμελιώδη μεγέθη. Οι συγγραφείς συνέκριναν μια σειρά από μακροοικονομικά υποδείγματα με ένα απλό υπόδειγμα τυχαίου περιπάτου και διαπίστωσαν ότι, στις βραχυπρόθεσμες προβλέψεις εκτός δείγματος, κανένα από τα εξεταζόμενα διαρθρωτικά μοντέλα δεν κατάφερε να επιτύχει καλύτερη προβλεπτική επίδοση. Από τότε, το υπόδειγμα του τυχαίου περιπάτου καθιερώθηκε ως βασικό σημείο αναφοράς για την αξιολόγηση νέων προσεγγίσεων πρόβλεψης.

Μια από τις πιο επιδραστικές θεωρητικές εξηγήσεις για τη χαμηλή προβλεψιμότητα των συναλλαγματικών ισοτιμιών προήλθε από τη μελέτη των Engel and West (2005). Οι συγγραφείς υποστήριξαν ότι, όταν οι θεμελιώδεις μεταβλητές που συνδέονται με τις ισοτιμίες είναι μη στάσιμες και όταν οι αγορές προεξοφλούν σε μεγάλο βαθμό τις μελλοντικές τους τιμές, τότε η ισοτιμία τείνει να συμπεριφέρεται με τρόπο παρόμοιο με

έναν τυχαίο περίπατο. Με άλλα λόγια, ακόμη και αν τα θεμελιώδη μεγέθη επηρεάζουν πράγματι τη μακροχρόνια πορεία των ισοτιμιών, ο τρόπος με τον οποίο οι επενδυτές ενσωματώνουν τις προσδοκίες τους στη σημερινή τιμή καθιστά τις βραχυχρόνιες μεταβολές δύσκολο να προβλεφθούν. Το επιχείρημα αυτό βοήθησε στη θεωρητική κατανόηση των ευρημάτων των Meese and Rogoff (1983) και ενίσχυσε την άποψη ότι η βραχυχρόνια συναλλαγματική δυναμική επηρεάζεται έντονα από την προεξόφληση μελλοντικών οικονομικών εξελίξεων.

Παρά τη γενικευμένη άποψη ότι οι συναλλαγματικές ισοτιμίες είναι δύσκολο να προβλεφθούν σε βραχυχρόνιο ορίζοντα, ο Mark (1995) ανέδειξε ότι η εικόνα ενδέχεται να διαφοροποιείται όταν εξετάζονται μεγαλύτερες χρονικές περίοδοι. Αναλύοντας τη σχέση ανάμεσα στις ισοτιμίες και σε θεμελιώδεις μακροοικονομικούς προσδιοριστικούς παράγοντες, ο συγγραφέας υποστήριξε ότι ορισμένες μεταβλητές, όπως τα σχετικώς μακροπρόθεσμα επιτόκια ή η σχετική αγοραστική δύναμη, μπορούν να εξηγήσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τη μακροχρόνια πορεία των ισοτιμιών. Τα ευρήματα αυτά υποδηλώνουν ότι, αν και οι βραχυχρόνιες κινήσεις μπορεί να εμφανίζουν έντονο θόρυβο, η μακροχρόνια συμπεριφορά των ισοτιμιών ενδέχεται να ακολουθεί πιο σταθερές οικονομικές σχέσεις. Η συμβολή αυτή θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική, καθώς δείχνει ότι η προβλεψιμότητα μπορεί να εξαρτάται από τον χρονικό ορίζοντα της ανάλυσης.

Η συζήτηση γύρω από την προβλεψιμότητα των συναλλαγματικών ισοτιμιών εμπλουτίστηκε σημαντικά με πιο πρόσφατες ανασκοπήσεις της βιβλιογραφίας, οι οποίες επανεξέτασαν τα ευρήματα των κλασικών μελετών υπό το πρίσμα νέων μεθοδολογικών εργαλείων. Η Rossi (2013) προσφέρει μια ολοκληρωμένη σύνθεση των ερευνητικών αποτελεσμάτων των τελευταίων δεκαετιών και καταλήγει ότι, παρά τους περιορισμούς που αναδείχθηκαν από τις πρώτες εμπειρικές εργασίες, η προβλεψιμότητα των ισοτιμιών δεν πρέπει να θεωρείται αδύνατη. Η ενσωμάτωση πολυμεταβλητών υποδειγμάτων, τεχνικών εκτός δείγματος αξιολόγησης και μη γραμμικών προσεγγίσεων φαίνεται να βελτιώνει την ποιότητα των προβλέψεων σε συγκεκριμένα πλαίσια και χρονικούς ορίζοντες. Τα συμπεράσματα αυτά αναδεικνύουν τη σημασία της χρήσης πιο ευέλικτων και δυναμικών μοντέλων στη σύγχρονη έρευνα των αγορών συναλλάγματος. Η συμβολή αυτή θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική, καθώς δείχνει ότι η προβλεψιμότητα μπορεί να εξαρτάται από τον χρονικό ορίζοντα της ανάλυσης. Πάνω σε αυτή τη λογική εδράζεται

και η επιλογή της παρούσας μελέτης να ενσωματώσει τον πληθωρισμό ως δομικό στοιχείο των πολυμεταβλητών υποδειγμάτων πρόβλεψης.

Συνολικά, η κλασική βιβλιογραφία ανέδειξε σημαντικές πτυχές της συναλλαγματικής δυναμικής, αλλά και τους ουσιαστικούς περιορισμούς που αντιμετωπίζουν τα παραδοσιακά υποδείγματα στην προσπάθεια πρόβλεψης των ισοτιμιών. Τα ευρήματα των Meese and Rogoff (1983) και η θεωρητική ερμηνεία των Engel and West (2005) κατέδειξαν ότι οι βραχυπρόθεσμες κινήσεις των ισοτιμιών είναι εξαιρετικά δύσκολο να προβλεφθούν, ενώ η συμβολή του Mark (1995) έδειξε ότι σε μακρύτερους χρονικούς ορίζοντες ενδέχεται να προκύπτει κάποια μορφή προβλεψιμότητας. Παρά τις σημαντικές αυτές συνεισφορές, η πρόοδος των οικονομετρικών τεχνικών και η αυξανόμενη διαθεσιμότητα δεδομένων οδήγησαν στη διαμόρφωση νέων εμπειρικών προσεγγίσεων, οι οποίες επιχειρούν να ξεπεράσουν τους περιορισμούς των πρώτων μοντέλων και να προσφέρουν πιο αξιόπιστα εργαλεία πρόβλεψης. Οι εξελίξεις αυτές παρουσιάζονται στις επόμενες υποενότητες.

2.3 – Σύγχρονες Εμπειρικές Προσεγγίσεις

Η εξέλιξη της βιβλιογραφίας τις τελευταίες δύο δεκαετίες αντανακλά την ανάγκη για πιο ευέλικτα και δυναμικά υποδείγματα, ικανά να αποτυπώσουν την πολύπλοκη και μεταβαλλόμενη φύση των διεθνών αγορών. Καθώς τα κλασικά υποδείγματα αντιμετώπισαν σοβαρούς περιορισμούς στην πρόβλεψη των ισοτιμιών, ιδιαίτερα σε βραχυπρόθεσμους ορίζοντες, το ερευνητικό ενδιαφέρον μετατοπίστηκε προς πιο σύνθετες εμπειρικές μεθόδους, όπως τα πολυμεταβλητά υποδείγματα, οι στοχαστικές τάσεις και οι τεχνικές με μεταβαλλόμενες παραμέτρους. Οι σύγχρονες αυτές προσεγγίσεις αξιοποιούν πλουσιότερα σύνολα δεδομένων και προηγμένες υπολογιστικές τεχνικές, επιτρέποντας την αποτύπωση μη γραμμικών σχέσεων που συχνά χαρακτηρίζουν τη συναλλαγματική αγορά.

Στο πλαίσιο της σύγχρονης εμπειρικής έρευνας, τα πολυμεταβλητά υποδείγματα και ιδιαίτερα τα αυτοπαλίνδρομα διανυσματικά (VAR) αποτελούν μια από τις πιο διαδεδομένες μεθοδολογίες για την ανάλυση και πρόβλεψη συναλλαγματικών ισοτιμιών. Μελέτες όπως εκείνες των Cheung, Chinn and Pascual (2005) έδειξαν ότι η χρήση πολλαπλών οικονομικών δεικτών μπορεί να προσφέρει ενδείξεις βελτίωσης της

προβλεψιμότητας, αν και τα αποτελέσματα παραμένουν ευαίσθητα στον χρονικό ορίζοντα και στη σύνθεση των μεταβλητών. Παράλληλα, οι Della Corte et al. (2009, 2012) υποστήριξαν ότι οι πολυμεταβλητές προσεγγίσεις μπορούν να αποτυπώσουν πιο ρεαλιστικά τη σχέση μεταξύ αποδόσεων, κινδύνου και μακροοικονομικών θεμελιωδών παραγόντων, οδηγώντας σε πιο αποδοτικά υποδείγματα πρόβλεψης. Νεότερες εργασίες, όπως αυτή των Inoue and Rossi (2019), αξιοποίησαν τεχνικές εκτός δείγματος αξιολόγησης και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ακόμη και σχετικά απλά γραμμικά μοντέλα μπορούν να παρουσιάσουν ουσιαστική προβλεπτική βελτίωση όταν συνδυάζονται με κατάλληλες διαδικασίες επιλογής και επικαιροποίησης πληροφοριών.

Σε αυτό το πλαίσιο, η συμβολή των πολυμεταβλητών υποδειγμάτων και ειδικότερα των Διανυσματικών Αυτοπαλινδρομικών (VAR) συστημάτων υπήρξε καθοριστική για την εξέλιξη της εμπειρικής έρευνας. Μια σημαντική μεθοδολογική πρόταση προς αυτή την κατεύθυνση διατυπώθηκε από τον Kirikos (1993), ο οποίος πρότεινε την εξέταση των υποδειγμάτων της αγοράς περιουσιακών στοιχείων (asset market models) όχι μέσω απλών μονομεταβλητών παλινδρομήσεων, αλλά μέσω ενός συστήματος VAR που ενσωματώνει τη δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ των συναλλαγματικών ισοτιμιών και των θεμελιωδών μεγεθών. Η προσέγγιση αυτή εστιάζει στις "εκδοχές προσδοκιών" των θεωρητικών μοντέλων, επιτρέποντας τον έλεγχο των αυστηρών περιορισμών που επιβάλλει η υπόθεση των ορθολογικών προσδοκιών στις παραμέτρους του συστήματος.

Παρόλο που οι στατιστικοί έλεγχοι συχνά οδηγούν στην απόρριψη των περιορισμών αυτών, ο Kirikos (1993) υποστηρίζει ότι η στατιστική απόρριψη δεν συνεπάγεται απαραίτητα την έλλειψη οικονομικής σημασίας. Μέσω της εφαρμογής εξειδικευμένων ελέγχων μεταβλητότητας, η μελέτη κατέδειξε ότι οι προβλέψεις που παράγονται από τα VAR μοντέλα συχνά εμφανίζουν συσχέτιση και κοινή διακύμανση με τις πραγματικές ισοτιμίες, υποδηλώνοντας ότι τα μοντέλα διατηρούν ερμηνευτική ισχύ ακόμη και όταν αποτυγχάνουν να ικανοποιήσουν αυστηρά στατιστικά κριτήρια. Αυτή η διάκριση μεταξύ στατιστικής και οικονομικής σημασίας είναι θεμελιώδης για την αξιολόγηση των προβλεπτικών υποδειγμάτων σε περιβάλλοντα υψηλής αβεβαιότητας (Kirikos, 1993).

Παράλληλα με την ανάπτυξη γραμμικών πολυμεταβλητών υποδειγμάτων, σημαντική πρόοδος σημειώθηκε και στην κατεύθυνση των μη γραμμικών προσεγγίσεων, οι οποίες επιχειρούν να αποτυπώσουν τις ασυμμετρίες και τις δομικές αλλαγές που συχνά

χαρακτηρίζουν την αγορά συναλλάγματος. Ενδεικτικά, ο Kanas (2005, 2013) έδειξε ότι η χρήση μη γραμμικών υποδειγμάτων μπορεί να βελτιώσει την ερμηνευτική και προβλεπτική ικανότητα έναντι των παραδοσιακών γραμμικών τεχνικών, ιδίως σε περιόδους υψηλής μεταβλητότητας ή όταν η συμπεριφορά των ισοτιμιών υπόκειται σε καθεστώτα με διαφορετική δυναμική. Νεότερες μελέτες, όπως αυτή των Balcilar et al. (2017), αξιοποίησαν εξελιγμένες στοχαστικές μεθόδους με μεταβολές κατάστασης (regimes changes), υποστηρίζοντας ότι η κατανόηση της συναλλαγματικής αγοράς απαιτεί μοντέλα που να επιτρέπουν μεταβολές στη δομή και στη σχέση μεταξύ των μεταβλητών με την πάροδο του χρόνου. Τα ευρήματα αυτά ενίσχυσαν το ενδιαφέρον με μεταβαλλόμενες καταστάσεις, τα οποία εξετάζονται συστηματικότερα στην επόμενη υποενότητα.

Πέραν των μη γραμμικών υποδειγμάτων, η πρόσφατη βιβλιογραφία έχει στρέψει το ενδιαφέρον της σε μεθόδους που επιτρέπουν στις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών να μεταβάλλονται δυναμικά με την πάροδο του χρόνου. Τα υποδείγματα με παραμέτρους που εξελίσσονται διαχρονικά (time-varying parameter models) και οι τεχνικές βασισμένες σε Bayesian εκτιμήσεις έχουν εφαρμοστεί στη πρόβλεψη συναλλαγματικών ισοτιμιών με ενθαρρυντικά αποτελέσματα, ιδιαίτερα σε περιόδους αυξημένης αβεβαιότητας. Παράλληλα, η ανάπτυξη υπολογιστικά προηγμένων μεθόδων, όπως τα μοντέλα μηχανικής μάθησης, έχει προσφέρει εναλλακτικά εργαλεία για την ανίχνευση πολύπλοκων και μη γραμμικών προτύπων στα δεδομένα. Ωστόσο, παρά τις δυνατότητές τους, σε πολλές από αυτές τις προσεγγίσεις δεν είναι ξεκάθαρος ο τρόπος με τον οποίο οι οικονομικές μεταβλητές αλληλεπιδρούν για να παράγουν το αποτέλεσμα. Η δυσκολία αυτή στο να διακρίνουμε τις ακριβείς οικονομικές σχέσεις έχει ενισχύσει το ενδιαφέρον για υποδείγματα με μεταβαλλόμενα καθεστώτα. Τα μοντέλα αυτά συνδυάζουν ευελιξία και οικονομική ερμηνεία, παρέχοντας ένα κατάλληλο πλαίσιο για την αποτύπωση αλλαγών στη συμπεριφορά των ισοτιμιών — μια πτυχή που αναλύεται διεξοδικότερα στην επόμενη υποενότητα.

2.4 -Μοντέλα Markov-Switching

Σημαντική πρόοδος στην ανάλυση χρονολογικών σειρών επήλθε με την εισαγωγή των υποδειγμάτων Markov-Switching από τον Hamilton (1989), ο οποίος πρότεινε ότι οι οικονομικές και χρηματοπιστωτικές μεταβλητές μπορεί να ακολουθούν διαφορετικές δυναμικές ανάλογα με το καθεστώς στο οποίο βρίσκονται. Σε αντίθεση με τα γραμμικά υποδείγματα που υποθέτουν σταθερές σχέσεις σε όλο το δείγμα, τα μοντέλα Markov-Switching επιτρέπουν την ύπαρξη πολλαπλών καθεστώτων – όπως περιόδων υψηλής και χαμηλής μεταβλητότητας – τα οποία μεταβάλλονται με πιθανότητες μετάβασης που διέπονται από μια διαδικασία Markov. Με τον τρόπο αυτό, τα μοντέλα αυτά είναι σε θέση να αποτυπώσουν δομικές αλλαγές και μη γραμμικότητες που συχνά χαρακτηρίζουν τις χρηματοπιστωτικές αγορές, καθιστώντας τα ιδιαίτερα κατάλληλα για την ανάλυση μεταβλητών όπως οι συναλλαγματικές ισοτιμίες.

Η εφαρμογή των υποδειγμάτων Markov-Switching στις συναλλαγματικές ισοτιμίες δεν αποτελεί απλώς μια στατιστική τεχνική βελτίωσης της προσαρμογής, αλλά θεμελιώνεται σε συγκεκριμένους οικονομικούς μηχανισμούς. Σημαντική σε αυτό το πεδίο είναι η εργασία του Kirikos (2002), η οποία συνδέει τις αλλαγές καθεστώτος με τις διακριτές παρεμβάσεις της νομισματικής πολιτικής. Σύμφωνα με τον συγγραφέα, οι κεντρικές τράπεζες συχνά ακολουθούν κανόνες πολιτικής για τη διαχείριση του διαφορικού επιτοκίου με στόχο τον έλεγχο του πληθωρισμού. Οι κανόνες αυτοί, ωστόσο, δεν είναι στατικοί· υπόκεινται σε περιστασιακές, διακριτές μεταβολές.

Αυτή η συμπεριφορά των νομισματικών αρχών δημιουργεί το λεγόμενο "πρόβλημα του πέσο" (peso problem). Οι επενδυτές, γνωρίζοντας ότι υπάρχει πιθανότητα αλλαγής της νομισματικής πολιτικής, ενσωματώνουν αυτή την πιθανότητα στις προσδοκίες τους. Εάν η αναμενόμενη αλλαγή δεν πραγματοποιηθεί εντός του δείγματος, δημιουργείται ένα φαινομενικά συστηματικό σφάλμα πρόβλεψης, το οποίο όμως είναι απολύτως ορθολογικό. Ο Kirikos (2002) έδειξε ότι όταν ληφθεί υπόψη αυτή η μη γραμμική δυναμική μέσω ενός υποδείγματος Markov-Switching, η υπόθεση της Καλυμμένης Ισοτιμίας Επιτοκίων (UIP) επιβεβαιώνεται εμπειρικά.

Επιπλέον, ο Kirikos (1996) κατέδειξε ότι η χρήση μη γραμμικών υποδειγμάτων είναι

απαραίτητη διότι οι χρονοσειρές των ισοτιμιών χαρακτηρίζονται από μη γραμμική εξάρτηση (non-linear dependence). Ένα γραμμικό σύστημα παράγει προβλέψεις που δεν είναι βέλτιστες, καθώς αγνοεί την πληροφορία που περιέχεται στις πιθανότητες μετάβασης μεταξύ των καθεστώτων. Συνεπώς, η υιοθέτηση ενός πλαισίου MS-VAR επιτρέπει την εκμετάλλευση αυτής της πληροφορίας, παράγοντας προβλέψεις που προσαρμόζονται δυναμικά στις μεταβαλλόμενες συνθήκες της αγοράς (Kirikos, 1996).

Μετά την καθιέρωση του πλαισίου των Markov-Switching υποδειγμάτων, αρκετές μελέτες διερεύνησαν την εφαρμογή τους στις συναλλαγματικές ισοτιμίες, εξετάζοντας κατά πόσο οι μεταβολές τους αντανακλούν διαφορετικά καθεστώτα οικονομικής δραστηριότητας ή μεταβλητότητας. Ο Engel (1994) ήταν από τους πρώτους ερευνητές που έδειξαν ότι οι συναλλαγματικές ισοτιμίες μπορεί να ακολουθούν εναλλασσόμενα καθεστώτα, τα οποία συνδέονται με διαφορές στη δυναμική και στη διαδικασία διαμόρφωσης των τιμών. Αντίστοιχα, ο Krolzig (1997) ανέπτυξε μια συστηματική μεθοδολογία για την εκτίμηση μοντέλων με μεταβαλλόμενα καθεστώτα και έδειξε ότι τέτοια υποδείγματα μπορούν να αποτυπώσουν αποτελεσματικά τις διαρθρωτικές αλλαγές στις χρηματοοικονομικές σειρές. Επιπλέον, ο Kanas (1998, 2005) ανέδειξε ότι η χρήση υποδειγμάτων μεταβολής κατάστασης μπορεί να προσφέρει σημαντικές βελτιώσεις τόσο στην κατανόηση όσο και στην πρόβλεψη των συναλλαγματικών ισοτιμιών, ιδιαίτερα σε περιόδους έντονης αστάθειας ή ασύμμετρης συμπεριφοράς των αγορών. Οι μελέτες αυτές έθεσαν τις βάσεις για την ανάπτυξη πιο σύνθετων πολυμεταβλητών προσεγγίσεων, όπως των υποδειγμάτων Markov-Switching VAR.

Η εξέλιξη των υποδειγμάτων Markov-Switching οδήγησε στη διαμόρφωση πολυμεταβλητών επεκτάσεων, όπως των Markov-Switching VAR (MS-VAR), τα οποία επιτρέπουν στις σχέσεις μεταξύ πολλών οικονομικών μεταβλητών να διαφοροποιούνται ανάλογα με το καθεστώς στο οποίο βρίσκεται η οικονομία. Σε αντίθεση με τα απλά μονομεταβλητά MS μοντέλα, τα MS-VAR ενσωματώνουν ταυτόχρονα τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μεταβλητών, επιτρέποντας ταυτόχρονα τη δυναμική και τις παραμέτρους του συστήματος να μεταβάλλονται μεταξύ καθεστώτων. Σύγχρονες μελέτες, όπως των Balcilar et al. (2015, 2017), έδειξαν ότι τα MS-VAR μπορούν να αποτυπώσουν αποτελεσματικά την ετερογένεια των αγορών και να αναγνωρίσουν διαφορετικές φάσεις μεταβλητότητας ή οικονομικής έντασης που επηρεάζουν τις συναλλαγματικές ισοτιμίες. Παράλληλα, οι Schaller και Van Norden (2002) και Zhou και

Kannan (2019) έδειξαν ότι τα πολυμεταβλητά μοντέλα μεταβολής κατάστασης μπορούν να βελτιώσουν τόσο την κατανόηση της συναλλαγματικής δυναμικής όσο και την προβλεπτική ακρίβεια, ιδίως σε περιόδους όπου οι αγορές μεταβαίνουν από καθεστώτα σταθερότητας σε καθεστώτα υψηλής αβεβαιότητας.

Η συσσώρευση αυτών των ερευνητικών αποτελεσμάτων έχει καταστήσει τα υποδείγματα Markov-Switching και ιδιαίτερα τα MS-VAR ένα από τα πιο ευέλικτα και κατάλληλα εργαλεία για την ανάλυση και πρόβλεψη των συναλλαγματικών ισοτιμιών. Η δυνατότητά τους να αποτυπώνουν εναλλαγές καθεστώτων, μεταβολές στη μεταβλητότητα και διαφοροποιήσεις στη δυναμική των οικονομικών σχέσεων τα καθιστά ιδανικά για αγορές που επηρεάζονται από ξαφνικές αλλαγές στις προσδοκίες, την παγκόσμια ρευστότητα ή τις νομισματικές συνθήκες. Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα εργασία αξιοποιεί ένα υπόδειγμα Markov-Switching VAR για τις ισοτιμίες EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD, ακολουθώντας τη σύγχρονη βιβλιογραφία που υποδεικνύει ότι τα πολυμεταβλητά υποδείγματα μεταβολής κατάστασης μπορούν να προσφέρουν πιο αξιόπιστες προβλέψεις σε περιβάλλοντα υψηλής αβεβαιότητας. Η προσέγγιση αυτή περιγράφεται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο, όπου παρουσιάζονται τα θεωρητικά χαρακτηριστικά του υποδείγματος και η μεθοδολογία εκτίμησης.

2.5 – Rolling Forecasting Και Εκτός Δείγματος Αξιολόγηση

Η αξιολόγηση της προβλεπτικής ικανότητας των υποδειγμάτων συναλλαγματικών ισοτιμιών βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην ανάλυση εκτός δείγματος, καθώς η εντός δείγματος προσαρμογή συχνά οδηγεί σε υπερεκτίμηση της πραγματικής αποτελεσματικότητας ενός μοντέλου. Το ζήτημα αυτό έχει τονιστεί ιδιαίτερα στη συναλλαγματική βιβλιογραφία, όπου τα πρόωρα ευρήματα συχνά αποδεικνύονται ασταθή όταν εξετάζονται σε προβλέψεις μελλοντικών παρατηρήσεων. Οι Meese and Rogoff (1983), για παράδειγμα, έδειξαν ότι τα μοντέλα που φαίνεται να αποδίδουν καλά εντός δείγματος δεν καταφέρνουν να ανταγωνιστούν ένα απλό υπόδειγμα τυχαίου περιπάτου όταν αξιολογούνται εκτός δείγματος. Για τον λόγο αυτό, η σύγχρονη έρευνα έχει υιοθετήσει τεχνικές πρόβλεψης που βασίζονται σε εκτός δείγματος αξιολόγηση,

όπως η κυλιόμενη πρόβλεψη (rolling forecasting), που επιτρέπει τη συνεχή ενημέρωση του μοντέλου και την παραγωγή διαδοχικών προβλέψεων εκτός δείγματος.

Η σχετική βιβλιογραφία έχει αναδείξει ότι η υπεροχή του μοντέλου τυχαίου περιπάτου έναντι των δομικών ή μη γραμμικών μοντέλων δεν είναι καθολική, αλλά εξαρτάται από τον ορίζοντα πρόβλεψης και, κυρίως, από την οικονομική συγκυρία. Ο Kirikos (2000), εξετάζοντας την προβλεπτική ικανότητα εκτός δείγματος για κύριες ισοτιμίες, διαπίστωσε ότι ενώ ο τυχαίος περίπατος τείνει να υπερέχει σε βραχυπρόθεσμες προβλέψεις εντός περιόδων σταθερότητας, τα υποδείγματα Markov-Switching βελτιώνουν σημαντικά την επίδοσή τους καθώς το παράθυρο πρόβλεψης συγκλίνει προς το τέλος του δείγματος, ενσωματώνοντας πρόσφατες πληροφορίες για αλλαγές καθεστώτος.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την παρούσα μελέτη παρουσιάζουν τα ευρήματα του Kirikos (2013), ο οποίος διερεύνησε την επίδραση της χρηματοπιστωτικής κρίσης του 2008 στην προβλεπτική ικανότητα των μοντέλων για τις ισοτιμίες του ευρώ. Η μελέτη αυτή κατέδειξε μια σαφή ανατροπή: ενώ πριν την κρίση το μοντέλο του τυχαίου περιπάτου εμφάνιζε τα μικρότερα σφάλματα πρόβλεψης (RMSE), μετά το ξέσπασμα της κρίσης και την εμφάνιση έντονης μεταβλητότητας, τα υποδείγματα που ενσωματώνουν αλλαγές καθεστώτος (MS-VAR) και τα γραμμικά VAR επέδειξαν ανώτερη προβλεπτική ικανότητα. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι σε περιόδους "ηρεμίας" η αγορά συμπεριφέρεται αποτελεσματικά καθιστώντας την πρόβλεψη δύσκολη, ενώ σε περιόδους "αναταραχής" και ενεργών παρεμβάσεων πολιτικής, τα μη γραμμικά μοντέλα μπορούν να συλλάβουν τις δομικές αλλαγές και να προσφέρουν ακριβέστερες προβλέψεις (Kirikos, 2013).

Μία από τις πιο διαδεδομένες προσεγγίσεις για την εκτός δείγματος αξιολόγηση υποδειγμάτων είναι το rolling window forecasting, το οποίο στηρίζεται στην επαναληπτική εκτίμηση του μοντέλου σε ένα κινούμενο παράθυρο δεδομένων. Σε κάθε βήμα, το μοντέλο επαναπροσδιορίζεται με βάση τις πιο πρόσφατες διαθέσιμες παρατηρήσεις και στη συνέχεια παράγει μια πρόβλεψη για την επόμενη περίοδο. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει τη σταδιακή ενσωμάτωση νέων πληροφοριών, γεγονός που την καθιστά ιδιαίτερα κατάλληλη για μεταβλητές όπως οι συναλλαγματικές ισοτιμίες που χαρακτηρίζονται από συνεχείς αλλαγές στη δυναμική τους. Η βιβλιογραφία υποδεικνύει

ότι η μέθοδος αυτή προσεγγίζει καλύτερα τις αντικειμενικές συνθήκες διαμόρφωσης των ισοτιμιών, με μελέτες όπως αυτές των Rossi (2013) και Inoue and Kilian (2004) να υποστηρίζουν ότι τα rolling windows παρέχουν πιο αξιόπιστη εικόνα της προβλεπτικής ικανότητας των υποδειγμάτων συγκριτικά με στατικές προσεγγίσεις. Η ευρεία χρήση της τεχνικής αυτής εξηγεί και την ενσωμάτωσή της στην παρούσα εργασία για τη σύγκριση των υποδειγμάτων VAR και MS-VAR.

Η αξιολόγηση της ακρίβειας των εκτός δείγματος προβλέψεων βασίζεται συνήθως στη χρήση δεικτών σφάλματος, με τον πιο διαδεδομένο να είναι το Root Mean Squared Error (RMSE). Ο δείκτης αυτός συγκρίνει τις προβλέψεις του μοντέλου με τις πραγματικές τιμές και τιμωρεί ιδιαίτερα τα μεγάλα σφάλματα, γεγονός που τον καθιστά ιδιαίτερα κατάλληλο για μεταβλητές με υψηλή μεταβλητότητα, όπως οι συναλλαγματικές ισοτιμίες. Η σχετική βιβλιογραφία, συμπεριλαμβανομένων των Rossi (2013) και Clark and West (2006), υποστηρίζει ότι το RMSE αποτελεί ένα αξιόπιστο κριτήριο για τη σύγκριση μοντέλων, ενώ συχνά συνοδεύεται από benchmarking έναντι ενός απλού τυχαίου περιπάτου, ο οποίος παραδοσιακά αποτελεί το σημείο αναφοράς στη συναλλαγματική πρόβλεψη. Ακολουθώντας αυτή την προσέγγιση, η παρούσα εργασία χρησιμοποιεί το RMSE για να αξιολογήσει και να συγκρίνει την προβλεπτική ικανότητα των υποδειγμάτων VAR και MS-VAR στο πλαίσιο της κυλιόμενης πρόβλεψης (rolling forecasts).

Κεφάλαιο 3–Μεθοδολογία

3.1- Δεδομένα

Η εμπειρική ανάλυση της παρούσας εργασίας βασίζεται σε μηνιαίες χρονολογικές σειρές συναλλαγματικών ισοτιμιών για τα ζεύγη EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD. Τα ζεύγη αυτά επιλέγονται διότι αποτελούν τρεις από τις σημαντικότερες και περισσότερο διαπραγματευόμενες ισοτιμίες στις διεθνείς αγορές, ενώ χρησιμοποιούνται συστηματικά στη σχετική βιβλιογραφία για την αξιολόγηση προβλεπτικών υποδειγμάτων. Η περίοδος μελέτης εκτείνεται από τον Ιανουάριο 1999 έως και την πιο πρόσφατη διαθέσιμη πλήρη μηνιαία παρατήρηση (Μάρτιος 2025), καλύπτοντας διαφορετικές φάσεις του διεθνούς οικονομικού κύκλου, όπως την εισαγωγή του ευρώ, την παγκόσμια χρηματοπιστωτική κρίση, την κρίση χρέους στην Ευρωζώνη, καθώς και μεταγενέστερες περιόδους αυξημένης αβεβαιότητας που συνδέονται με το Brexit, την πανδημία και τις μη συμβατικές νομισματικές παρεμβάσεις. Η μηνιαία συχνότητα επιλέγεται διότι προσφέρει επαρκή πληροφόρηση για τις μακροοικονομικές μεταβολές, περιορίζοντας ταυτόχρονα τον θόρυβο που συχνά χαρακτηρίζει τα δεδομένα υψηλής συχνότητας.

Τα δεδομένα των συναλλαγματικών ισοτιμιών αντλούνται από τη βάση δεδομένων *European Central Bank (ECB Statistical Data Warehouse)*, η οποία παρέχει επίσημες και υψηλής αξιοπιστίας χρονολογικές σειρές. Για κάθε ισοτιμία συλλέγονται μηνιαίες μέσες τιμές, οι οποίες στη συνέχεια μετατρέπονται σε λογαριθμικές τιμές προκειμένου να μειωθεί η επίδραση των μεγάλων αποκλίσεων και να διευκολυνθεί η οικονομετρική ανάλυση. Από τις λογαριθμικές τιμές προκύπτουν οι λογαριθμικές αποδόσεις (log-returns), οι οποίες αποτελούν τη βασική μεταβλητή που χρησιμοποιείται στα υποδείγματα VAR και MS-VAR, καθώς επιτρέπουν τη μοντελοποίηση των ποσοστιαίων μεταβολών και παρουσιάζουν πιο σταθερές στατιστικές ιδιότητες. Πριν την ανάλυση πραγματοποιήθηκε έλεγχος για ελλείπουσες τιμές και ανωμαλίες στις χρονολογικές σειρές και στο τελικό δείγμα δεν διαπιστώθηκαν κενά δεδομένων.

Η παρούσα ενότητα παρουσιάζει τη μεθοδολογία που ακολουθείται για την ανάλυση και την πρόβλεψη των συναλλαγματικών ισοτιμιών. Αρχικά, εκτιμάται ένα γραμμικό διανυσματικό αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα (VAR), το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως στη σχετική βιβλιογραφία για τη μελέτη της δυναμικής αλληλεπίδρασης μεταξύ

χρηματοοικονομικών χρονοσειρών. Στη συνέχεια, υιοθετείται ένα υπόδειγμα VAR με εναλλαγή καθεστώτων Markov (Markov Switching VAR – MS-VAR), το οποίο επιτρέπει την ύπαρξη μη γραμμικοτήτων και διαρθρωτικών αλλαγών στη συμπεριφορά των ισοτιμιών. Η σύγκριση των δύο προσεγγίσεων αποσκοπεί στην αξιολόγηση της προβλεπτικής τους ικανότητας υπό διαφορετικές συνθήκες της αγοράς, με έμφαση στην πιθανή υπεροχή των υποδειγμάτων με μεταβαλλόμενα καθεστώτα.

Προκειμένου να αποφευχθεί μια αυστηρά μονομεταβλητή (ad hoc) προσέγγιση και να ενισχυθεί η ερμηνευτική και προβλεπτική ικανότητα των υποδειγμάτων —και ειδικότερα του μοντέλου Αλλαγής Καθεστώτος (MS-VAR)— η ανάλυση επεκτείνεται με τη χρήση διμεταβλητών (bivariate) συστημάτων. Για τον σκοπό αυτό, αντλήθηκαν ιστορικά μηνιαία δεδομένα του Δείκτη Τιμών Καταναλωτή (Consumer Price Index - CPI) για τις τέσσερις υπό εξέταση οικονομίες (ΗΠΑ, Ευρωζώνη, Ηνωμένο Βασίλειο και Ιαπωνία). Το παραγόμενο δείγμα εναρμονίστηκε πλήρως ώστε να καλύπτει ακριβώς την ίδια χρονική περίοδο με τις συναλλαγματικές ισοτιμίες, δηλαδή από τον Ιανουάριο του 1999 έως και τον Μάρτιο του 2025 (συνολικά 315 παρατηρήσεις). Βάσει του Δείκτη Τιμών Καταναλωτή, υπολογίστηκε ο ετήσιος ρυθμός πληθωρισμού και, στη συνέχεια, κατασκευάστηκε η μεταβλητή της διαφοράς του πληθωρισμού (inflation differential) μεταξύ της εκάστοτε εξεταζόμενης οικονομίας και των ΗΠΑ (π.χ. Πληθωρισμός Ευρωζώνης μείον Πληθωρισμός ΗΠΑ). Η συγκεκριμένη μεταβλητή ενσωματώνεται στο διάνυσμα πληροφορίας των μοντέλων ως ένας θεμελιώδης (fundamental) μακροοικονομικός προσδιοριστικός παράγοντας της μακροχρόνιας συμπεριφοράς των συναλλαγματικών ισοτιμιών.

3.2- Μεθοδολογία Και Οικονομετρικά Υποδείγματα

Η παρούσα ενότητα περιγράφει τη μεθοδολογία και τα οικονομετρικά υποδείγματα που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση και την πρόβλεψη των συναλλαγματικών ισοτιμιών EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD. Η εμπειρική προσέγγιση βασίζεται σε πολυμεταβλητά υποδείγματα χρονολογικών σειρών, τα οποία επιτρέπουν τη διερεύνηση της δυναμικής αλληλεπίδρασης μεταξύ των ισοτιμιών, καθώς και την αποτύπωση της χρονικά μεταβαλλόμενης συμπεριφοράς τους. Αρχικά εφαρμόζεται το υπόδειγμα

Διανυσματικής Αυτοπαλινδρόμησης (VAR), το οποίο αποτελεί βασικό εργαλείο στην ανάλυση μακροοικονομικών και χρηματοοικονομικών χρονοσειρών. Στη συνέχεια, προκειμένου να ληφθούν υπόψη ενδεχόμενες δομικές μεταβολές και διαφορετικά καθεστώτα στην αγορά συναλλάγματος, χρησιμοποιείται το υπόδειγμα Markov-Switching VAR (MS-VAR). Τέλος, η αξιολόγηση της προβλεπτικής ικανότητας των υποδειγμάτων πραγματοποιείται μέσω κυλιόμενων εκτιμήσεων και προβλέψεων εκτός δείγματος.

3.2.1 *Υπόδειγμα Διανυσματικής Αυτοπαλινδρόμησης (VAR)*

Το υπόδειγμα Διανυσματικής Αυτοπαλινδρόμησης (VAR) αποτελεί ένα από τα πλέον διαδεδομένα εργαλεία στην ανάλυση πολυμεταβλητών χρονολογικών σειρών, καθώς επιτρέπει τη μελέτη της δυναμικής αλληλεπίδρασης μεταξύ περισσότερων της μίας ενδογενών μεταβλητών χωρίς την επιβολή αυστηρών θεωρητικών περιορισμών. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, το VAR χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση της κοινής εξέλιξης των συναλλαγματικών ισοτιμιών EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD.

Η γενική μορφή ενός υποδείγματος VAR τάξης pμπορεί να γραφεί ως εξής:

$$y_t = c + A_1 y_{t-1} + A_2 y_{t-2} + \cdots + A_p y_{t-p} + \varepsilon_t$$

όπου το διάνυσμα $\mathbf{y}_t$περιλαμβάνει τις ενδογενείς μεταβλητές του υποδείγματος, δηλαδή τις συναλλαγματικές ισοτιμίες σε χρόνο t. Ο όρος $\mathbf{c}$ είναι το διάνυσμα σταθερών, ενώ οι πίνακες $\mathbf{A}_i$, για $i = 1, \dots, p$, περιγράφουν τη δυναμική επίδραση των παρελθουσών τιμών των μεταβλητών στις τρέχουσες τιμές τους. Το διάνυσμα $\boldsymbol{\varepsilon}_t$αντιπροσωπεύει τα σφάλματα του υποδείγματος, τα οποία θεωρούνται λευκός θόρυβος με μηδενική μέση τιμή και σταθερή συνδιακύμανση.

Η επιλογή του κατάλληλου αριθμού υστερήσεων pπραγματοποιείται με τη χρήση κριτηρίων πληροφορίας, όπως τα Akaike (AIC), Schwarz Bayesian (BIC) και Hannan–Quinn (HQ), προκειμένου να επιτευχθεί ισορροπία μεταξύ καλής προσαρμογής και αποφυγής υπερπροσαρμογής. Το υπόδειγμα VAR παρέχει ένα ευέλικτο πλαίσιο για την ανάλυση της δυναμικής συμπεριφοράς των συναλλαγματικών ισοτιμιών, ωστόσο προϋποθέτει ότι οι σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών παραμένουν σταθερές διαχρονικά.

3.2.2 *Υποδείγματα MARKOV-SWITCHING VAR (MS-VAR)*

Παρότι το υπόδειγμα VAR αποτελεί ένα ευέλικτο εργαλείο για την ανάλυση της δυναμικής αλληλεπίδρασης μεταξύ συναλλαγματικών ισοτιμιών, βασίζεται στην υπόθεση ότι οι σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών παραμένουν σταθερές διαχρονικά. Ωστόσο, στις διεθνείς αγορές συναλλάγματος παρατηρούνται συχνά περίοδοι έντονης μεταβλητότητας, κρίσεων ή αλλαγών στη νομισματική πολιτική, οι οποίες ενδέχεται να μεταβάλλουν τη δυναμική συμπεριφορά των ισοτιμιών. Για τον λόγο αυτό, στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται το υπόδειγμα Markov-Switching VAR (MS-VAR), το οποίο επιτρέπει τη μετάβαση μεταξύ διαφορετικών καθεστώτων κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου.

Ένα κρίσιμο πλεονέκτημα της μεθοδολογίας MS-VAR είναι ο τρόπος με τον οποίο παράγονται οι προβλέψεις. Όπως αναλύεται στο Kirikos (1996), η πρόβλεψη για την περίοδο t+k δεν βασίζεται σε έναν σταθερό κανόνα, αλλά σε έναν σταθμισμένο μέσο όρο των προβλέψεων κάθε καθεστώτος. Οι συντελεστές στάθμισης είναι οι φιλτραρισμένες πιθανότητες να βρίσκεται η οικονομία στο εκάστοτε καθεστώς τη δεδομένη χρονική στιγμή.

Συγκεκριμένα, η βέλτιστη πρόβλεψη λαμβάνει υπόψη την πιθανή εξέλιξη των καθεστώτων στο μέλλον. Αυτός ο μηχανισμός επιτρέπει στο μοντέλο να "μαθαίνει" από τα πρόσφατα δεδομένα. Εάν, για παράδειγμα, υπάρξει ένα σοκ που αυξάνει την πιθανότητα μετάβασης σε καθεστώς υψηλής μεταβλητότητας, το MS-VAR προσαρμόζει άμεσα την πρόβλεψή του, σε αντίθεση με το στατικό VAR που θα αντιδρούσε πολύ πιο αργά (Kirikos, 2000 και 2013).

Στο πλαίσιο του MS-VAR, οι παράμετροι του υποδείγματος εξαρτώνται από μια μη παρατηρήσιμη μεταβλητή κατάστασης s_t, η οποία ακολουθεί μια αλυσίδα Markov πεπερασμένων καταστάσεων. Η γενική μορφή ενός MS-VAR(p) υποδείγματος μπορεί να γραφεί ως:

$$y_t = c(st_t) + A_1(s_t)y_{t-1} + \cdots + A_p(s_t)y_{t-p} + \varepsilon_t(s_t)$$

όπου το διάνυσμα $\mathbf{y}_t$περιλαμβάνει τις συναλλαγματικές ισοτιμίες EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD, ενώ η μεταβλητή $s_t \in \{1,2,\dots,K\}$υποδηλώνει το καθεστώς στο οποίο

βρίσκεται η οικονομία σε κάθε χρονική στιγμή. Τα διαφορετικά καθεστώτα μπορούν, ενδεικτικά, να αντιστοιχούν σε περιόδους χαμηλής και υψηλής μεταβλητότητας στις αγορές συναλλάγματος. Οι πιθανότητες μετάβασης μεταξύ των καθεστώτων καθορίζονται από έναν πίνακα πιθανοτήτων Markov, ο οποίος περιγράφει τη δυναμική εναλλαγή των καταστάσεων με την πάροδο του χρόνου.

Η στοχαστική διαδικασία μετάβασης μεταξύ των καθεστώτων περιγράφεται από έναν πίνακα πιθανοτήτων μετάβασης , διαστάσεων , ο οποίος ορίζεται ως:

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1k} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{k1} & p_{k2} & \cdots & p_{kk} \end{bmatrix}$$

Όπου p_{ij}είναι η δεσμευμένη πιθανότητα μετάβασης από το καθεστώς i τη χρονική στιγμή $t-1$ στο καθεστώς j τη χρονική στιγμή t:

$$p_{ij} = P(s_t = j | s_{t-1} = i), \sum_{j=1}^{K} p_{ij} = 1 \ \ \forall i, j \in \{1, \dots, K\}$$

Στην παρούσα εργασία, όπου $K = 2$, ο πίνακας απλοποιείται και οι πιθανότητες παραμονής στο κάθε καθεστώς δίνονται από τα διαγώνια στοιχεία p_{11}και p_{22}

Η χρήση του MS-VAR επιτρέπει την αποτύπωση ασυμμετριών και διαρθρωτικών μεταβολών που δεν μπορούν να συλληφθούν από ένα γραμμικό VAR υπόδειγμα. Ιδιαίτερα στις συναλλαγματικές ισοτιμίες, η προσέγγιση αυτή θεωρείται κατάλληλη, καθώς οι αγορές επηρεάζονται από εξωγενή σοκ, αλλαγές νομισματικής πολιτικής και περιόδους αυξημένης αβεβαιότητας. Στην παρούσα εργασία, το MS-VAR χρησιμοποιείται για να εξεταστεί κατά πόσο η εισαγωγή καθεστώτων βελτιώνει την ερμηνεία και την προβλεπτική ικανότητα των υποδειγμάτων σε σύγκριση με το απλό VAR.

3.2.3 *Διαδικασία Εκτίμησης Και Προβλεπτική Αξιολόγηση*

Η εκτίμηση των υποδειγμάτων VAR και MS-VAR πραγματοποιείται με βάση τις προετοιμασμένες χρονολογικές σειρές των συναλλαγματικών ισοτιμιών EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD, όπως περιγράφονται στην προηγούμενη ενότητα. Πριν από την εκτίμηση των υποδειγμάτων, οι σειρές μετασχηματίζονται κατάλληλα, προκειμένου να διασφαλιστεί η στατιστική τους καταλληλότητα για ανάλυση χρονολογικών σειρών. Συγκεκριμένα, εξετάζεται η χρήση λογαριθμικών μετασχηματισμών και αποδόσεων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ευρέως στη σχετική βιβλιογραφία για τη μελέτη συναλλαγματικών ισοτιμιών.

Η εκτίμηση των υποδειγμάτων VAR πραγματοποιείται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, ενώ για τα υποδείγματα MS-VAR χρησιμοποιούνται μέθοδοι μέγιστης πιθανοφάνειας, οι οποίες επιτρέπουν την ταυτόχρονη εκτίμηση των παραμέτρων και των πιθανοτήτων μετάβασης μεταξύ των καθεστώτων. Ο αριθμός των υστερήσεων και των καθεστώτων επιλέγεται βάσει κριτηρίων πληροφορίας και διαγνωστικών ελέγχων, ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη ισορροπία μεταξύ προσαρμογής και απλότητας του υποδείγματος. Συγκεκριμένα, η εκτίμηση των παραμέτρων του υποδείγματος θ πραγματοποιείται μέσω της μεγιστοποίησης της λογαριθμικής συνάρτησης πιθανοφάνειας (Log-Likelihood function), η οποία για ένα δείγμα T παρατηρήσεων ορίζεται ως:

$$lnL(\theta) = \sum_{t=1}^{T} \ln\left(\sum_{j=1}^{K} f(y_t \,|s_t = j;\theta) \times P(s_t = j|\Omega_{t-1};\theta)\right)$$

Όπου $(f\mathrm{y_t}|\mathrm{s_t} = \mathrm{j})$ είναι η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας (συνήθως της κανονικής κατανομής) δεσμευμένη στο καθεστώς j , και $\Omega_{\mathrm{t-1}}$ αντιπροσωπεύει το σύνολο πληροφοριών που είναι διαθέσιμες έως τη χρονική στιγμή t-1 . Ο υπολογισμός των βέλτιστων παραμέτρων επιτυγχάνεται μέσω του αλγορίθμου Expectation-Maximization (EM), ο οποίος επιτρέπει την επαναληπτική βελτιστοποίηση της συνάρτησης πιθανοφάνειας.

Η αξιολόγηση της προβλεπτικής ικανότητας των υποδειγμάτων πραγματοποιείται μέσω προβλέψεων εκτός δείγματος, χρησιμοποιώντας κυλιόμενα παράθυρα εκτίμησης. Σε κάθε χρονική περίοδο, τα υποδείγματα εκτιμώνται με βάση ένα υποσύνολο των

διαθέσιμων παρατηρήσεων και στη συνέχεια παράγονται προβλέψεις για μελλοντικές τιμές των συναλλαγματικών ισοτιμιών. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει την εξέταση της σταθερότητας και της αξιοπιστίας των υποδειγμάτων σε διαφορετικές χρονικές φάσεις της εξεταζόμενης περιόδου.

Η σύγκριση της προβλεπτικής απόδοσης των υποδειγμάτων βασίζεται σε καθιερωμένα στατιστικά κριτήρια σφάλματος πρόβλεψης, όπως το μέσο τετραγωνικό σφάλμα και το μέσο απόλυτο σφάλμα. Μέσω της σύγκρισης των αποτελεσμάτων, αξιολογείται κατά πόσο τα υποδείγματα με εναλλαγή καθεστώτων προσφέρουν βελτιωμένη προβλεπτική ικανότητα σε σχέση με τα γραμμικά VAR υποδείγματα.

Κεφάλαιο 4-Εμπειρική Ανάλυση Δεδομένων

4.1 Περιγραφικά Στατιστικά Και Γραφική Ανάλυση

Η παρούσα ενότητα παρουσιάζει τα βασικά περιγραφικά στατιστικά και τη γραφική ανάλυση των συναλλαγματικών ισοτιμιών EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD για την εξεταζόμενη περίοδο. Στόχος της ανάλυσης είναι η αρχική διερεύνηση των χαρακτηριστικών των χρονολογικών σειρών, όπως το επίπεδο, η μεταβλητότητα και η ύπαρξη ακραίων τιμών, πριν την εφαρμογή των οικονομετρικών υποδειγμάτων.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα βασικά περιγραφικά μέτρα για κάθε ισοτιμία, συμπεριλαμβανομένου του μέσου όρου, της τυπικής απόκλισης, καθώς και των ελάχιστων και μέγιστων τιμών. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς το επίπεδο και τη μεταβλητότητα των ισοτιμιών. Συγκεκριμένα, η ισοτιμία EUR/USD εμφανίζει μέτρια μεταβλητότητα, με τιμές που κυμαίνονται εντός εύρους συμβατού με τη μακροχρόνια ιστορική της εξέλιξη. Αντίθετα, η ισοτιμία GBP/USD παρουσιάζει εντονότερες διακυμάνσεις, γεγονός που αντανακλά την αυξημένη ευαισθησία της λίρας σε μακροοικονομικά και πολιτικά γεγονότα, όπως η παγκόσμια χρηματοπιστωτική κρίση και το δημοψήφισμα του Brexit.

Η ισοτιμία JPY/USD εμφανίζει χαμηλότερο επίπεδο τιμών λόγω του διαφορετικού μεγέθους της νομισματικής μονάδας, ωστόσο παρουσιάζει επίσης περιόδους αυξημένης μεταβλητότητας, ιδίως σε φάσεις παγκόσμιας αβεβαιότητας, όπου το ιαπωνικό γεν λειτουργεί συχνά ως «ασφαλές καταφύγιο» για τους επενδυτές. Οι παρατηρούμενες διακυμάνσεις υποδηλώνουν ότι οι τρεις ισοτιμίες δεν ακολουθούν ταυτόσημη δυναμική, στοιχείο που καθιστά εύλογη τη χρήση πολυμεταβλητών υποδειγμάτων για τη μελέτη των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων.

Η γραφική απεικόνιση των δεδομένων (Σχήματα 1–3) επιβεβαιώνει τα συμπεράσματα των περιγραφικών στατιστικών. Αξίζει να σημειωθεί ότι η εξέταση των κατανομών συχνοτήτων παρουσιάζει ιδιαίτερη χρησιμότητα, καθώς η μορφή τους παραπέμπει σε ένα μείγμα κανονικών κατανομών (mixture of normal distributions). Αυτό ακριβώς το χαρακτηριστικό δικαιολογεί απόλυτα την επιλογή του υποδείγματος Markov-Switching, το οποίο συνάγει την ύπαρξη διαφορετικών καθεστώτων. Και στις τρεις ισοτιμίες

παρατηρούνται περίοδοι έντονης μεταβλητότητας, οι οποίες συμπίπτουν με σημαντικά διεθνή οικονομικά γεγονότα. Επιπλέον, οι σειρές εμφανίζουν τάσεις και διαρθρωτικές μεταβολές σε διαφορετικά χρονικά σημεία, γεγονός που υποδηλώνει πιθανή μη στασιμότητα στα επίπεδα και ενισχύει την ανάγκη για περαιτέρω οικονομετρικό έλεγχο.. Και στις τρεις ισοτιμίες παρατηρούνται περίοδοι έντονης μεταβλητότητας, οι οποίες συμπίπτουν με σημαντικά διεθνή οικονομικά γεγονότα. Επιπλέον, οι σειρές εμφανίζουν τάσεις και διαρθρωτικές μεταβολές σε διαφορετικά χρονικά σημεία, γεγονός που υποδηλώνει πιθανή μη στασιμότητα στα επίπεδα και ενισχύει την ανάγκη για περαιτέρω οικονομετρικό έλεγχο.

Συνολικά, τα περιγραφικά στατιστικά και η γραφική ανάλυση παρέχουν μια πρώτη εικόνα της συμπεριφοράς των συναλλαγματικών ισοτιμιών και αναδεικνύουν τη σύνθετη δυναμική τους. Τα ευρήματα αυτά λειτουργούν ως βάση για τους ελέγχους στασιμότητας και την εκτίμηση των οικονομετρικών υποδειγμάτων που ακολουθούν στις επόμενες ενότητες.

Πίνακας 1:Περιληπτικά στατιστικά των συναλλαγματικών ισοτιμιών EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD (1999:01–2025:11)

ΙΣΟΤΙΜΙΕΣ	EUR/USD	GBP/USD	JPY/USD
Μέσος	1,18226	1,52245	0,0091292
Διάμεσος	1,1678	1,52952	0,0090605
Ελάχιστο	0,8532	1,12163	0,00633522
Μέγιστο	1,577	2,055	0,0130459
Τυπική Απόκλιση	0,153099	0,218999	0,00146553
Συντ. μτβλ.	0,129498	0,143846	0,160533
Ασυμμετρία	0,098736	0,477088	0,665044
Κύρτωση-3	-0,32292	-0,57972	0,593113
5% εκατοστημόριο	0,90446	1,23166	0,00671628
95% εκατοστημόριο	1,43844	1,95814	0,0123374
Ενδοτεταρτ. εύρος	0,2161	0,322916	0,00126835
Απούσες τιμ.	0	0	0

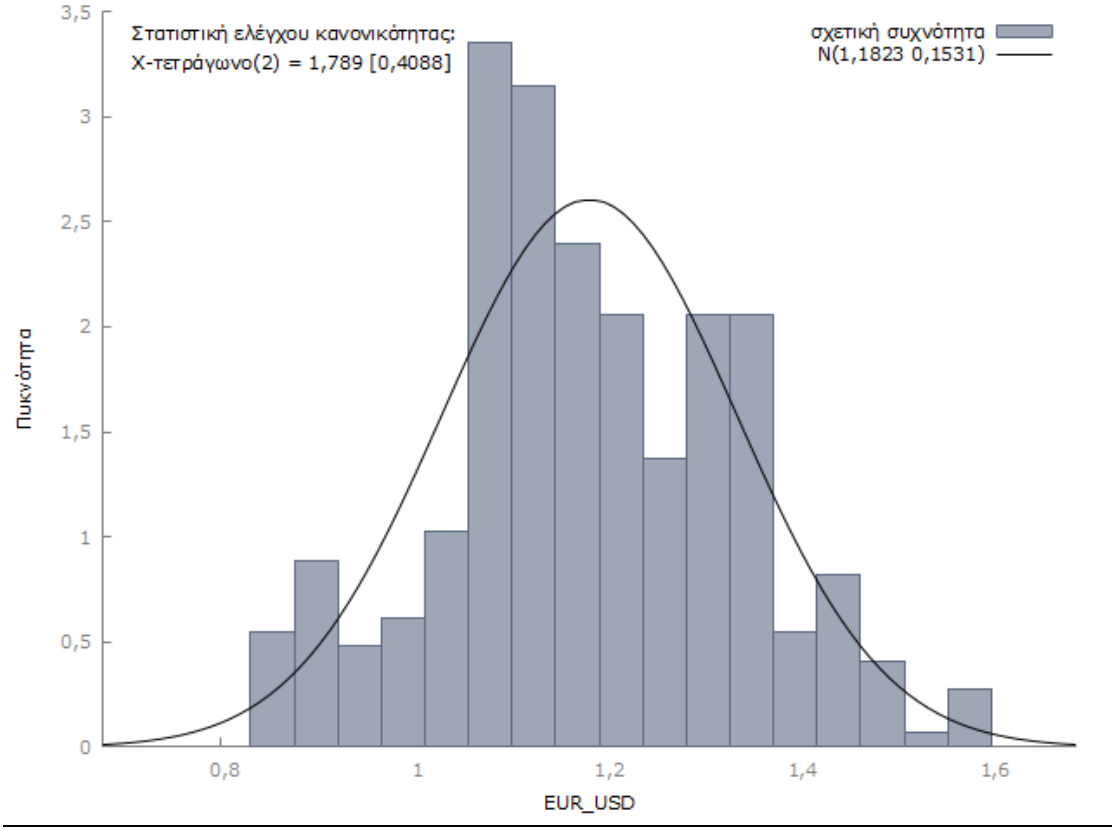
Πηγή: Gretl output

**Σημείωση: Ενώ τα δεδομένα των συναλλαγματικών ισοτιμιών είναι διαθέσιμα έως τον Νοέμβριο του 2025, η συνολική περίοδος εκτίμησης και πρόβλεψης των υποδειγμάτων περιορίζεται έως τον Μάρτιο του 2025, λόγω της διαθεσιμότητας των δεικτών πληθωρισμού.*

***Στην παρούσα εργασία, ακολουθείται ο συμβολισμός των διεθνών αγορών (American quotation). Για παράδειγμα, η ισοτιμία EUR/USD εκφράζει τον αριθμό των δολαρίων ΗΠΑ (USD) ανά μία μονάδα ευρώ (EUR).*

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα περιληπτικά στατιστικά των εξεταζόμενων συναλλαγματικών ισοτιμιών. Παρατηρείται ότι η ισοτιμία GBP/USD εμφανίζει τη μεγαλύτερη απόλυτη μεταβλητότητα, όπως αποτυπώνεται από την υψηλότερη τυπική απόκλιση, γεγονός που υποδηλώνει εντονότερες διακυμάνσεις στη διαχρονική της πορεία. Αντίθετα, η ισοτιμία JPY/USD χαρακτηρίζεται από χαμηλότερο επίπεδο τιμών, ωστόσο παρουσιάζει συγκρίσιμο βαθμό σχετικής μεταβλητότητας, όπως καταδεικνύεται από τον συντελεστή μεταβλητότητας. Τα ευρήματα αυτά επιβεβαιώνουν τη διαφοροποίηση της δυναμικής μεταξύ των εξεταζόμενων αγορών συναλλάγματος και δικαιολογούν την εφαρμογή πολυμεταβλητών και μη γραμμικών υποδειγμάτων στην εμπειρική ανάλυση που ακολουθεί.

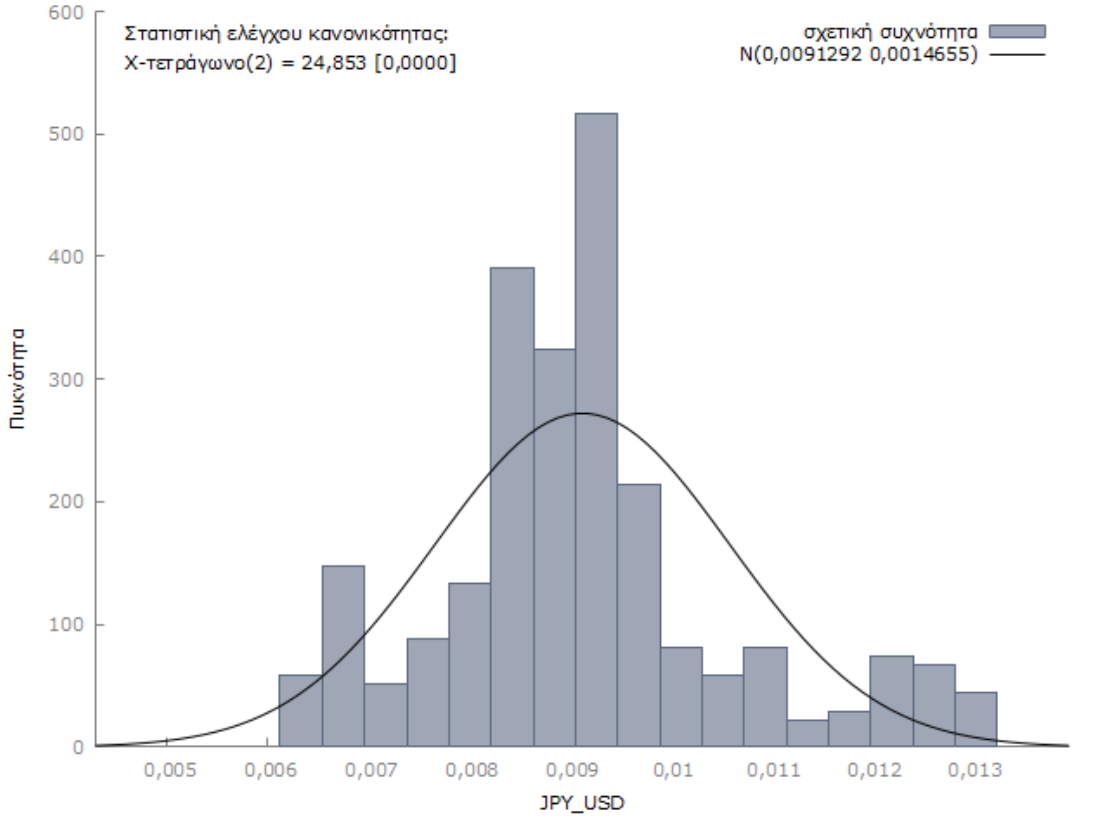
Σχήμα 1: Ιστόγραμμα συχνοτήτων της ισοτιμίας EUR/USD (1999-2025).



Πηγή: Gretl output

Στο ιστόγραμμα της ισοτιμίας EUR/USD παρατηρείται ότι οι τιμές είναι απλωμένες σε ένα μεγάλο εύρος, χωρίς να υπάρχει μία έντονη, κυρίαρχη κορυφή στο κέντρο (όπως συμβαίνει στην κανονική κατανομή). Αυτό δείχνει ότι η ισοτιμία δεν έμεινε σταθερή γύρω από έναν μέσο όρο, αλλά κινήθηκε σε πολλά διαφορετικά επίπεδα κατά τη διάρκεια της περιόδου 1999–2025. Η εικόνα αυτή είναι ενδεικτική μιας χρονοσειράς που αλλάζει συχνά επίπεδα ισορροπίας.

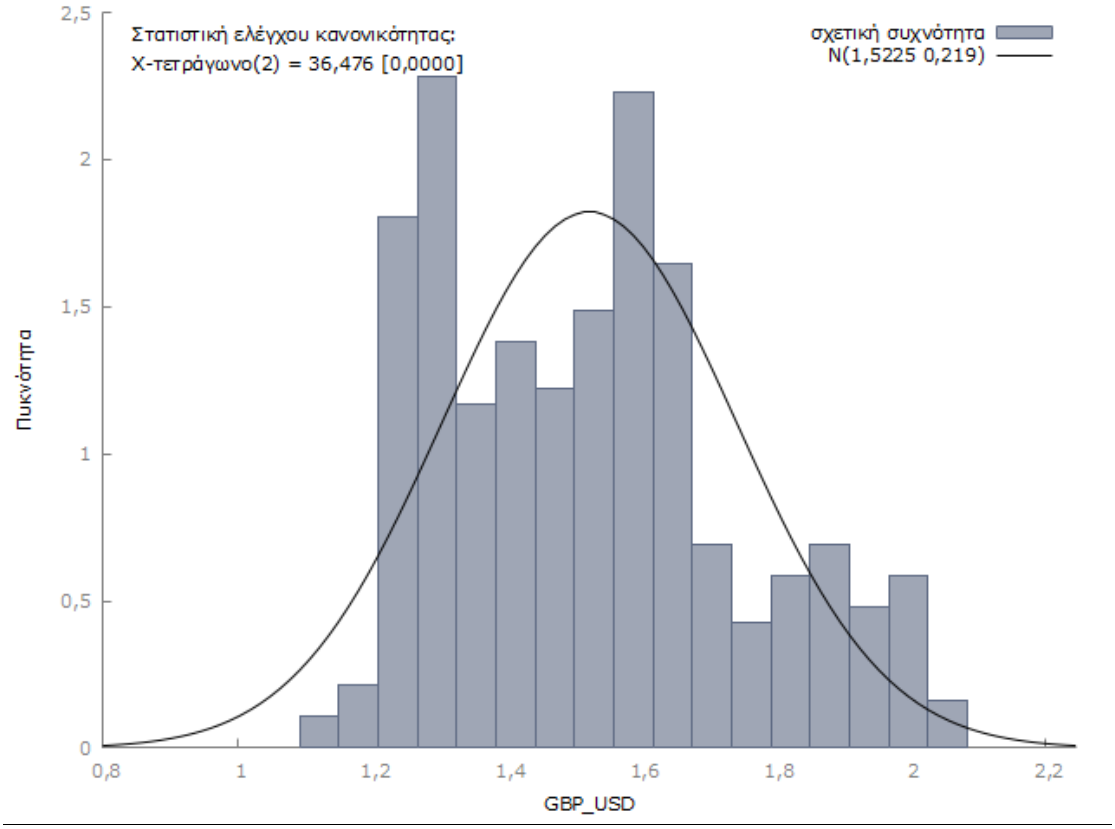
Σχήμα 2: Ιστόγραμμα συχνοτήτων της ισοτιμίας JPY/USD (1999-2025).



Πηγή: Gretl output

Το ιστόγραμμα του JPY/USD δείχνει ότι οι τιμές τείνουν να συγκεντρώνονται περισσότερο γύρω από τον μέσο όρο. Ωστόσο, παρατηρούμε και έναν σημαντικό αριθμό παρατηρήσεων στα άκρα της κατανομής (ακραίες τιμές). Αυτό σημαίνει ότι, αν και το γεν παραμένει συχνά σταθερό, υπόκειται σε σπάνιες αλλά απότομες μεταβολές, οι οποίες συνήθως συνδέονται με περιόδους παγκόσμιας αβεβαιότητας.

Σχήμα 3: Ιστόγραμμα συχνοτήτων της ισοτιμίας GBP/USD (1999-2025).



Πηγή: Gretl output

Η κατανομή της ισοτιμίας GBP/USD δεν είναι συμμετρική, αλλά εμφανίζει συγκεντρώσεις τιμών σε διαφορετικά σημεία. Η μορφή αυτή αντανακλά τις σημαντικές μεταβολές που υπέστη η βρετανική λίρα, καθώς διακρίνονται ξεκάθαρα οι περίοδοι πριν και μετά από μεγάλα γεγονότα, όπως η κρίση του 2008 και το Brexit. Το γεγονός ότι το διάγραμμα έχει «σκαμπανεβάσματα» και δεν μοιάζει με ομαλή καμπάνα επιβεβαιώνει την ύπαρξη ισχυρών τάσεων.

Συνολικά, η οπτική επισκόπηση των χρονοσειρών (όπως η ύπαρξη τάσεων και μεταβλητότητας) εγείρει υποψίες για ενδεχόμενη μη στασιμότητα των δεδομένων. Το βασικό πρόβλημα με τις μη στάσιμες σειρές στην οικονομετρία είναι ότι δεν ορίζονται καλά οι ροπές τους (όπως η μέση τιμή και η διακύμανση), κάτι που είναι απολύτως απαραίτητο για την αξιόπιστη εκτίμηση των παραμέτρων ενός υποδείγματος. Το γεγονός

αυτό καθιστά απαραίτητους τους ελέγχους μοναδιαίας ρίζας (ADF tests) που ακολουθούν στην επόμενη ενότητα.

4.2 Έλεγχοι Στασιμότητας

Στην παρούσα ενότητα εξετάζεται η στασιμότητα των χρονολογικών σειρών των συναλλαγματικών ισοτιμιών (EUR/USD, GBP/USD, JPY/USD) καθώς και των αντίστοιχων διαφορών πληθωρισμού (INF_DIFF_EUR, INF_DIFF_UK, INF_DIFF_JPN). Η εξέταση αυτή είναι επιβεβλημένη, δεδομένου ότι η εφαρμογή των υποδειγμάτων VAR και MS-VAR προϋποθέτει τη χρήση στάσιμων δεδομένων για την αποφυγή του φαινομένου της νόθου παλινδρόμησης (spurious regression).

Για τον έλεγχο της ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας χρησιμοποιείται ο έλεγχος Augmented Dickey–Fuller (ADF). Η μηδενική υπόθεση του ελέγχου είναι ότι η εξεταζόμενη σειρά διαθέτει μοναδιαία ρίζα και συνεπώς είναι μη στάσιμη, ενώ η εναλλακτική υπόθεση υποστηρίζει τη στασιμότητα της σειράς. Οι έλεγχοι πραγματοποιούνται με αυτόματη επιλογή του βέλτιστου αριθμού υστερήσεων βάσει του κριτηρίου AIC, ώστε να διασφαλίζεται η απουσία αυτοσυσχέτισης στα κατάλοιπα.

Τα αποτελέσματα των ελέγχων ADF στα επίπεδα των ισοτιμιών παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Όπως προκύπτει, για τις τρεις συναλλαγματικές ισοτιμίες δεν απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση της ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας στα επίπεδα, γεγονός που υποδηλώνει μη στασιμότητα. Στη συνέχεια, οι έλεγχοι στασιμότητας εφαρμόζονται στις λογαριθμικές αποδόσεις των ισοτιμιών (Πίνακας 4), όπου η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται σε όλα τα επίπεδα σημαντικότητας, υποδηλώνοντας ότι οι μετασχηματισμένες σειρές είναι στάσιμες [I(1)].

Επιπλέον, διενεργήθηκε έλεγχος ADF και για τις μακροοικονομικές μεταβλητές των διαφορών πληθωρισμού, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 5. Για τη διαφορά πληθωρισμού της Ευρωζώνης (INF_DIFF_EUR), η μηδενική υπόθεση απορρίφθηκε (p-value = 0,006), υποδεικνύοντας ότι η σειρά είναι στάσιμη στο επίπεδό της [I(0)]. Αντίθετα, για το Ηνωμένο Βασίλειο (INF_DIFF_UK) και την Ιαπωνία (INF_DIFF_JPN), οι σειρές βρέθηκαν μη στάσιμες στα επίπεδά τους (με p-values 0,063 και 0,152 αντίστοιχα). Προκειμένου να διασφαλιστεί η στασιμότητα του συστήματος,

ελήφθησαν οι πρώτες διαφορές των δύο αυτών μεταβλητών (d_INF_DIFF_UK και d_INF_DIFF_JPN), οι οποίες επιβεβαιώθηκε στατιστικά ότι είναι στάσιμες.

Πίνακας 2: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ελέγχων μοναδιαίας ρίζας (ADF) για τις συναλλαγματικές ισοτιμίες EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD (1999:01–2025:11)

EUR/USD	**GBP/USD**	**JPY/USD**
Υπόδειγμα	**Υπόδειγμα**	**Υπόδειγμα**
Σταθερός όρος	Σταθερός όρος	Σταθερός όρος
Σταθερός όρος & τάση	Σταθερός όρος & τάση	Σταθερός όρος & τάση
Στατιστική ADF	**Στατιστική ADF**	**Στατιστική ADF**
-2,123	-1,523	-1,3827
-2,114	-2,23	-1,7253
p-value	**p-value**	**p-value**
0,236	0,522	0,5925
0,537	0,472	0,7403
Συμπέρασμα	**Συμπέρασμα**	**Συμπέρασμα**
Μη στάσιμη	Μη στάσιμη	Μη στάσιμη
Μη στάσιμη	Μη στάσιμη	Μη στάσιμη

Πηγή: Gretl output

Οι ADF έλεγχοι στις ισοτιμίες σε επίπεδα (EUR/USD, GBP/USD, JPY/USD) δεν απορρίπτουν τη μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας στα συνήθη επίπεδα σημαντικότητας. Συνεπώς, οι σειρές στα επίπεδα είναι μη στάσιμες, γεγονός που δικαιολογεί τη μετάβαση στις λογαριθμικές διαφορές (ή ρυθμό μεταβολής) για την ανάλυση δυναμικής συσχέτισης.

Έλεγχος Συνολοκλήρωσης (Johansen Test)

Πριν προχωρήσουμε στην εκτίμηση του υποδείγματος VAR, εξετάστηκε η πιθανή ύπαρξη μακροχρόνιας σχέσης ισορροπίας (συνολοκλήρωση) μεταξύ των επιπέδων των συναλλαγματικών ισοτιμιών. Εφαρμόστηκε ο έλεγχος Johansen (Johansen cointegration test) με 1 υστέρηση, όπως υποδείχθηκε από τα κριτήρια πληροφορίας.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μηδενική υπόθεση για μηδενικά διανύσματα συνολοκλήρωσης (Rank = 0) δεν απορρίπτεται, καθώς η p-τιμή του ελέγχου ίχνους (Trace test) είναι εξαιρετικά υψηλή (0,9958). Συνεπώς, δεν διαπιστώνεται συνολοκλήρωση μεταξύ των μεταβλητών. Το εύρημα αυτό είναι συμβατό με τα

αποτελέσματα του Kirikos (2024) για τις αποδόσεις ομολόγων και δικαιολογεί πλήρως την επιλογή μας να μοντελοποιήσουμε τη δυναμική του συστήματος χρησιμοποιώντας τις λογαριθμικές διαφορές (αποδόσεις) των ισοτιμιών μέσω ενός υποδείγματος VAR, και όχι μέσω ενός υποδείγματος διόρθωσης σφαλμάτων (VECM).

Πίνακας 3:Αποτελέσματα Ελέγχου Συνολοκλήρωσης (Johansen)

Μηδενική Υπόθεση (Αριθμός σχέσεων)	Ιδιοτιμή (Eigenvalue)	Στατιστικό Ίχνους (Trace Statistic)	Κρίσιμη Τιμή (0.05)	p-value
Κανένα (Rank = 0)	0,013878	7,8456	29,797	0,9958
Το πολύ 1 (Rank ≤ 1)	0,007908	3,3596	15,494	0,9406
Το πολύ 2 (Rank ≤ 2)	0,002524	0,8112	3,841	0,3678

Πηγή: Gretl output

Η μηδενική υπόθεση είναι ότι υπάρχουν το πολύ r διανύσματα συνολοκλήρωσης. Οι p-τιμές προέρχονται από τους MacKinnon-Haug-Michelis (1999). Η υψηλή p-τιμή (0,9958) στην πρώτη γραμμή υποδηλώνει ότι δεν απορρίπτεται η υπόθεση της μη ύπαρξης συνολοκλήρωσης.

Πίνακας 4: ADF έλεγχος μοναδιαίας ρίζας στις λογαριθμικές διαφορές (ld)

	EUR/USD (ld_EUR_USD)	**GBP/USD (ld_GBP_USD)**	**JPY/USD (ld_JPY_USD)**
Υπόδειγμα	Υπόδειγμα	Υπόδειγμα	Υπόδειγμα
Σταθερός όρος			
Στατιστική ADF (τ_c)	**-11,3726**	**-6,42122**	**-13,5664**
p-value	**1,17E-23**	**1,09E-08**	**9,42E-31**
Επιλεγμένες υστερήσεις Δy	1	8	0
Συμπέρασμα	**Στάσιμη (I(0))**	**Στάσιμη (I(0))**	**Στάσιμη (I(0))**
Σταθερός όρος & τάση			
Στατιστική ADF (τ_ct)	**-11,3595**	**-6,40953**	**-13,6411**
p-value	**1,55E-25**	**1,06E-07**	**3,35E-36**
Επιλεγμένες υστερήσεις Δy	1	8	0
Συμπέρασμα	**Στάσιμη (I(0))**	**Στάσιμη (I(0))**	**Στάσιμη (I(0))**

Πηγή: Gretl output

Σημείωση: *Η μηδενική υπόθεση του ADF είναι η ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας (μη στάσιμη σειρά). Οι υστερήσεις επιλέγονται με AIC (μέγιστες υστερήσεις 16).*

Τα αποτελέσματα του ADF ελέγχου στις λογαριθμικές διαφορές (Πίνακας 4) δείχνουν ότι η μηδενική υπόθεση ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας απορρίπτεται και για τις τρεις σειρές, τόσο στην προδιαγραφή με σταθερό όρο όσο και στην προδιαγραφή με σταθερό όρο και τάση. Οι πολύ μικρές p-τιμές υποδηλώνουν ότι οι αποδόσεις των EUR/USD, GBP/USD και JPY/USD είναι στάσιμες (I(0)). Ως εκ τούτου, οι σειρές μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας στην εκτίμηση VAR και MS-VAR υποδειγμάτων χωρίς να απαιτείται ανάλυση συνολοκλήρωσης στο επίπεδο των αποδόσεων.

Πίνακας 5: Αποτελέσματα ελέγχων μοναδιαίας ρίζας (ADF) για τις διαφορές πληθωρισμού.

Μεταβλητή	**Υπόδειγμα (Με σταθερό όρο)**	**Στατιστική ADF**	**p-value**	**Συμπέρασμα**
Στα Επίπεδα				
INF_DIFF_EUR	Σταθερός όρος	-3,58168	0,0061	Στάσιμη (I(0))
INF_DIFF_UK	Σταθερός όρος	-2,76463	0,0634	Μη στάσιμη
INF_DIFF_JPN	Σταθερός όρος	-2,364	0,1522	Μη στάσιμη
Στις Πρώτες Διαφορές				
d_INF_DIFF_UK	Σταθερός όρος	-6,17114	0	Στάσιμη (I(1))
d_INF_DIFF_JPN	Σταθερός όρος	-6,02115	0	Στάσιμη (I(1))

Πηγή: Gretl output

Πέραν των συναλλαγματικών ισοτιμιών, διενεργήθηκε έλεγχος στασιμότητας ADF (με σταθερό όρο) και για τις μακροοικονομικές μεταβλητές των διαφορών πληθωρισμού (Πίνακας 5). Για τη διαφορά πληθωρισμού της Ευρωζώνης (INF_DIFF_EUR), η μηδενική υπόθεση απορρίφθηκε, υποδεικνύοντας ότι η σειρά είναι στάσιμη στο επίπεδό της (I(0)). Αντίθετα, για το Ηνωμένο Βασίλειο (INF_DIFF_UK) και την Ιαπωνία (INF_DIFF_JPN), οι σειρές βρέθηκαν μη στάσιμες στα επίπεδά τους. Προκειμένου να διασφαλιστεί η στασιμότητα του συστήματος για την εκτίμηση των υποδειγμάτων VAR, ελήφθησαν οι πρώτες διαφορές των δύο αυτών μεταβλητών (d_INF_DIFF_UK και d_INF_DIFF_JPN), οι οποίες επιβεβαιώθηκε στατιστικά ότι είναι στάσιμες (I(1)).

4.3 Εκτίμηση Διμεταβλητών Υποδειγμάτων VAR

Με βάση τα αποτελέσματα των ελέγχων στασιμότητας, προχωράμε στην εκτίμηση των γραμμικών υποδειγμάτων Διανυσματικής Αυτοπαλινδρόμησης (VAR). Στη συγκεκριμένη ανάλυση, αποφεύγεται η ταυτόχρονη συμπερίληψη όλων των συναλλαγματικών ισοτιμιών στο ίδιο διάνυσμα πληροφορίας. Μια τέτοια προσέγγιση θα μπορούσε να δημιουργήσει προβλήματα, ιδιαίτερα στη μετέπειτα εκτίμηση των υποδειγμάτων Markov-Switching, καθώς οι μεταβολές των καθεστώτων (regime shifts) δεν είναι απαραίτητα κοινές και ταυτόχρονες για όλα τα νομίσματα.

Για τον λόγο αυτό, υιοθετείται η εκτίμηση τριών ξεχωριστών διμεταβλητών (bivariate) υποδειγμάτων VAR, ένα για κάθε νομισματική ζώνη (Ευρωζώνη, Ηνωμένο Βασίλειο, Ιαπωνία). Κάθε υπόδειγμα περιλαμβάνει την απόδοση της αντίστοιχης συναλλαγματικής ισοτιμίας (ld_EUR_USD, ld_GBP_USD, ld_JPY_USD) και τη σχετική διαρθρωτική μακροοικονομική μεταβλητή της διαφοράς πληθωρισμού. Η τάξη υστέρησης ορίζεται σε p=1 (VAR(1)), σύμφωνα με τα κριτήρια πληροφορίας και τη συνήθη πρακτική της βιβλιογραφίας για τα μηνιαία χρηματοοικονομικά δεδομένα.

4.3.1 *Υπόδειγμα VAR Για Την Ευρωζώνη (EUR/USD)*

Το πρώτο διμεταβλητό υπόδειγμα VAR(1) εκτιμήθηκε για το ζεύγος της Ευρωζώνης, περιλαμβάνοντας τη λογαριθμική απόδοση της ισοτιμίας (ld_EUR_USD) και τη στάσιμη σειρά της διαφοράς πληθωρισμού στα επίπεδα (INF_DIFF_EUR). Τα αποτελέσματα της εκτίμησης με τη μέθοδο των Ελαχίστων Τετραγώνων (OLS) συνοψίζονται στον Πίνακα 6.

Από την ανάλυση της πρώτης εξίσωσης, όπου εξαρτημένη μεταβλητή είναι η απόδοση της ισοτιμίας (ld_EUR_USD), προκύπτει ότι τόσο η πρώτη υστέρηση της ίδιας της απόδοσης όσο και η υστέρηση της διαφοράς πληθωρισμού είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1% (p-values < 0,01). Συγκεκριμένα, η παρελθούσα διαφορά πληθωρισμού ασκεί θετική επίδραση στην τρέχουσα απόδοση της ισοτιμίας. Το γεγονός αυτό αποτελεί ισχυρή ένδειξη ότι τα μακροοικονομικά θεμελιώδη μεγέθη εμπεριέχουν σημαντική προβλεπτική πληροφορία για τη βραχυπρόθεσμη πορεία του νομίσματος.

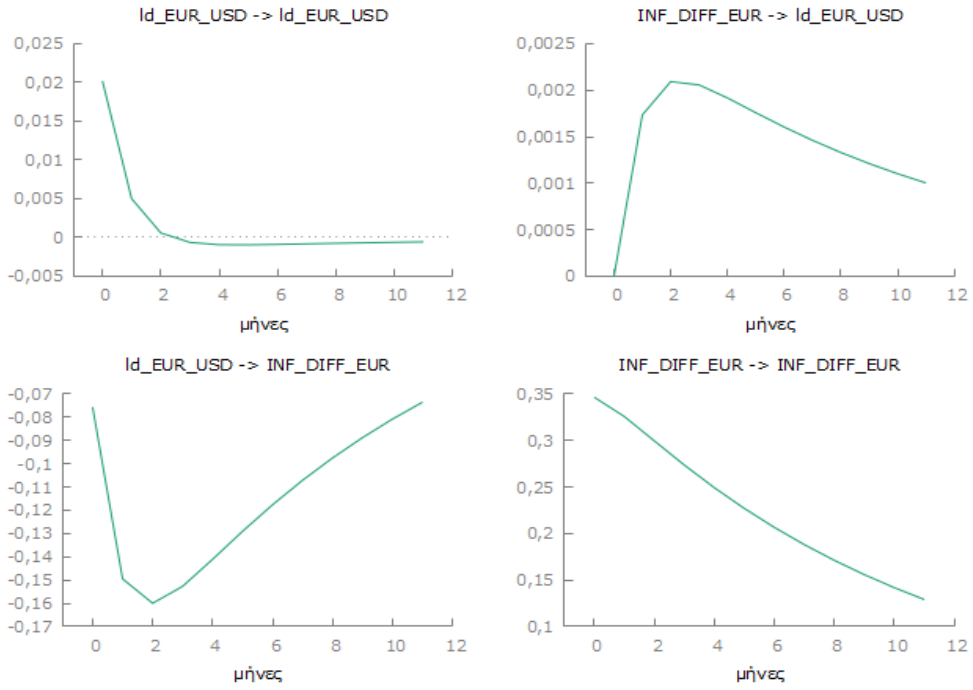
Στη δεύτερη εξίσωση, όπου εξαρτημένη μεταβλητή είναι η διαφορά πληθωρισμού (INF_DIFF_EUR), διαπιστώνεται αντίστοιχα στατιστικά σημαντική επίδραση της παρελθούσας απόδοσης της ισοτιμίας. Ειδικότερα, η ανατίμηση/υποτίμηση της ισοτιμίας της προηγούμενης περιόδου επιδρά αρνητικά (συντελεστής -3,882) στη διαμόρφωση της τρέχουσας διαφοράς πληθωρισμού (p-value < 0,01). Παράλληλα, όπως αναμενόταν από τη φύση των μακροοικονομικών δεδομένων, η διαφορά πληθωρισμού παρουσιάζει έντονη αυτοπαλινδρόμηση, με τον συντελεστή της πρώτης υστέρησης να αγγίζει το 0,94. Συνολικά, τα ευρήματα αναδεικνύουν μια ισχυρή αμφίδρομη σχέση (δυναμική αλληλεπίδραση) μεταξύ των δύο μεγεθών για την περίπτωση της Ευρωζώνης.

Πίνακας 6: Εκτίμηση Διμεταβλητού Υποδείγματος VAR(1) για την Ευρωζώνη.

Μεταβλητή	**Συντελεστής**	**Τυπικό Σφάλμα**	**t-statistic**	**p-value**
Εξίσωση 1: ld_EUR_USD (R^2 = 0,138)				
Σταθερός όρος (const)	0,00219	0,00126	1,738	0,0832 *
ld_EUR_USD (-1)	0,26623	0,05334	4,991	0,0000 ***
INF_DIFF_EUR (-1)	0,005	0,00119	4,197	0,0000 ***
Εξίσωση 2: INF_DIFF_EUR (R^2 = 0,867)				
Σταθερός όρος (const)	-0,02609	0,02215	-1,178	0,2397
ld_EUR_USD (-1)	-3,88205	0,93609	-4,147	0,0000 ***
INF_DIFF_EUR (-1)	0,94028	0,02092	44,93	0,0000 ***

*(Σημείωση: Τα ***, *, * υποδηλώνουν στατιστική σημαντικότητα σε επίπεδο 1%,5%και 10% αντίστοιχα.*
Πηγή: Ιδία επεξεργασία, Gretl)

Γράφημα 4: Συναρτήσεις Κρουστικής Απόκρισης (IRF) για την Ευρωζώνη.



Πηγή: Gretl output

Η δυναμική αλληλεπίδραση των μεταβλητών για την Ευρωζώνη απεικονίζεται οπτικά στο Γράφημα 4 μέσω των Συναρτήσεων Κρουστικής Απόκρισης (IRF). Όπως παρατηρείται, ένα "σοκ" στη διαφορά πληθωρισμού προκαλεί μια παρατεταμένη απόκριση στην ισοτιμία EUR/USD, η οποία κορυφώνεται γύρω στον τρίτο μήνα και διατηρείται σε θετικά επίπεδα σε όλο τον εξεταζόμενο ορίζοντα. Αντίστοιχα, η επίδραση της ισοτιμίας στον πληθωρισμό είναι έντονη και αρνητική, επιβεβαιώνοντας τη στατιστικά σημαντική αμφίδρομη σχέση που προέκυψε από την εκτίμηση του υποδείγματος.

4.3.2 *Υπόδειγμα VAR Για Το Ηνωμένο Βασίλειο (GBP/USD)*

Το δεύτερο διμεταβλητό υπόδειγμα VAR(1) εκτιμήθηκε για το ζεύγος του Ηνωμένου Βασιλείου. Δεδομένου ότι ο πληθωρισμός στο επίπεδό του βρέθηκε μη στάσιμος, στο υπόδειγμα ενσωματώθηκε η στάσιμη σειρά των πρώτων διαφορών της διαφοράς

πληθωρισμού (d_INF_DIFF_UK), μαζί με τη λογαριθμική απόδοση της ισοτιμίας (ld_GBP_USD). Τα αποτελέσματα της εκτίμησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.

Από την εξέταση της πρώτης εξίσωσης του συστήματος, όπου εξαρτημένη μεταβλητή είναι η απόδοση της ισοτιμίας (ld_GBP_USD), διαπιστώνεται ότι η υστέρηση της πρώτης διαφοράς του πληθωρισμού ασκεί στατιστικά σημαντική αρνητική επίδραση (p-value < 0,01) στη διαμόρφωση της τρέχουσας ισοτιμίας της Αγγλικής λίρας. Αντίθετα, η πρώτη υστέρηση της ίδιας της απόδοσης της ισοτιμίας δεν εμφανίζεται στατιστικά σημαντική.

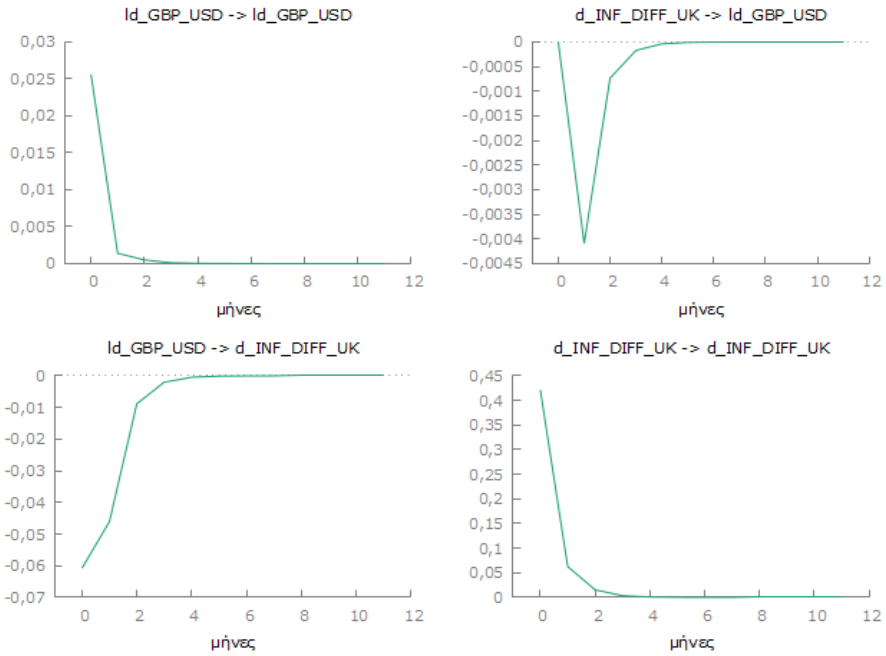
Στη δεύτερη εξίσωση, με εξαρτημένη μεταβλητή τη μεταβολή της διαφοράς πληθωρισμού (d_INF_DIFF_UK), η προηγούμενη πορεία της συναλλαγματικής ισοτιμίας δεν διαδραματίζει κάποιο στατιστικά σημαντικό ρόλο (p-value = 0,126). Συνεπώς, σε αντίθεση με την περίπτωση της Ευρωζώνης όπου παρατηρήθηκε δυναμική αλληλεπίδραση, στην περίπτωση του Ηνωμένου Βασιλείου εντοπίζεται μια μονόδρομη σχέση εξάρτησης. Συγκεκριμένα, η ροή της πληροφορίας κατευθύνεται από τα μακροοικονομικά θεμελιώδη μεγέθη (πληθωρισμός) προς την αγορά συναλλάγματος, χωρίς να ισχύει το αντίστροφο.

Πίνακας 7: Εκτίμηση Διμεταβλητού Υποδείγματος VAR(1) για το Ηνωμένο Βασίλειο.

Μεταβλητή	**Συντελεστής**	**Τυπικό Σφάλμα**	**t-statistic**	**p-value**
Εξίσωση 1: ld_GBP_USD (R^2 = 0,028)				
Σταθερός όρος (const)	-0,00069	0,00145	-0,476	0,6338
ld_GBP_USD (-1)	0,03091	0,05677	0,544	0,5864
d_INF_DIFF_UK (-1)	-0,00971	0,0034	-2,849	0,0047 ***
Εξίσωση 2: d_INF_DIFF_UK (R^2 = 0,033)				
Σταθερός όρος (const)	0,00069	0,02419	0,028	0,977
ld_GBP_USD (-1)	-1,44709	0,94342	-1,534	0,1261
d_INF_DIFF_UK (-1)	0,14827	0,05664	2,618	0,0093 ***

(Σημείωση: Τα ***, *, * *υποδηλώνουν στατιστική σημαντικότητα σε επίπεδο 1%, 5% και 10% αντίστοιχα.*
Πηγή: Ιδία επεξεργασία, Gretl)

Γράφημα 5: Συναρτήσεις Κρουστικής Απόκρισης (IRF) για το Ηνωμένο Βασίλειο.



Πηγή: Gretl output

Όπως παρατηρείται στο γράφημα 5, αποτυπώνεται οπτικά η δυναμική της βρετανικής αγοράς συναλλάγματος. Ένα απροσδόκητο "σοκ" (διαταραχή) στη μεταβολή του πληθωρισμού (επάνω δεξιά τμήμα του γραφήματος) προκαλεί μια άμεση και απότομη αρνητική απόκριση στην απόδοση της ισοτιμίας της λίρας, η οποία αποσβένεται σταδιακά μετά τους πρώτους δύο μήνες. Αντίθετα, η απόκριση του πληθωρισμού σε διαταραχές της ισοτιμίας (κάτω αριστερά τμήμα) είναι πιο περιορισμένη, επιβεβαιώνοντας και γραφικά τη μονόδρομη σχέση εξάρτησης (από τα μακροοικονομικά μεγέθη προς το νόμισμα) που διαπιστώθηκε από την εκτίμηση του υποδείγματος.

4.3.3 *Υπόδειγμα VAR Για Την Ιαπωνία (JPY/USD).*

Το τρίτο και τελευταίο γραμμικό διμεταβλητό υπόδειγμα VAR(1) αφορά την περίπτωση της Ιαπωνίας. Όπως και στο Ηνωμένο Βασίλειο, η μη στασιμότητα του πληθωρισμού στα επίπεδα επέβαλε τη χρήση των πρώτων διαφορών του. Έτσι, το σύστημα περιλαμβάνει τη λογαριθμική απόδοση της ισοτιμίας (ld_JPY_USD) και τη μεταβολή της διαφοράς

πληθωρισμού (d_INF_DIFF_JPN). Τα αποτελέσματα της εκτίμησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.

Από την ανάλυση της πρώτης εξίσωσης για την απόδοση της ισοτιμίας (ld_JPY_USD), προκύπτει ότι η ιαπωνική αγορά συναλλάγματος παρουσιάζει έντονη αυτοπαλινδρόμηση, καθώς η πρώτη υστέρηση της ίδιας της απόδοσης είναι εξαιρετικά σημαντική στατιστικά (p-value < 0,01). Ωστόσο, σε αντίθεση με τα προηγούμενα νομίσματα, η επίδραση της μακροοικονομικής μεταβλητής (διαφορά πληθωρισμού) δεν είναι στατιστικά σημαντική (p-value = 0,120).

Αντίστοιχη εικόνα παρατηρείται και στη δεύτερη εξίσωση, όπου αναλύεται η δυναμική του πληθωρισμού (d_INF_DIFF_JPN). Ενώ η μεταβλητή εξαρτάται ισχυρά από το δικό της παρελθόν (p-value < 0,01), η παρελθούσα μεταβολή της συναλλαγματικής ισοτιμίας δεν φαίνεται να επιδρά στη διαμόρφωσή της (p-value = 0,187).

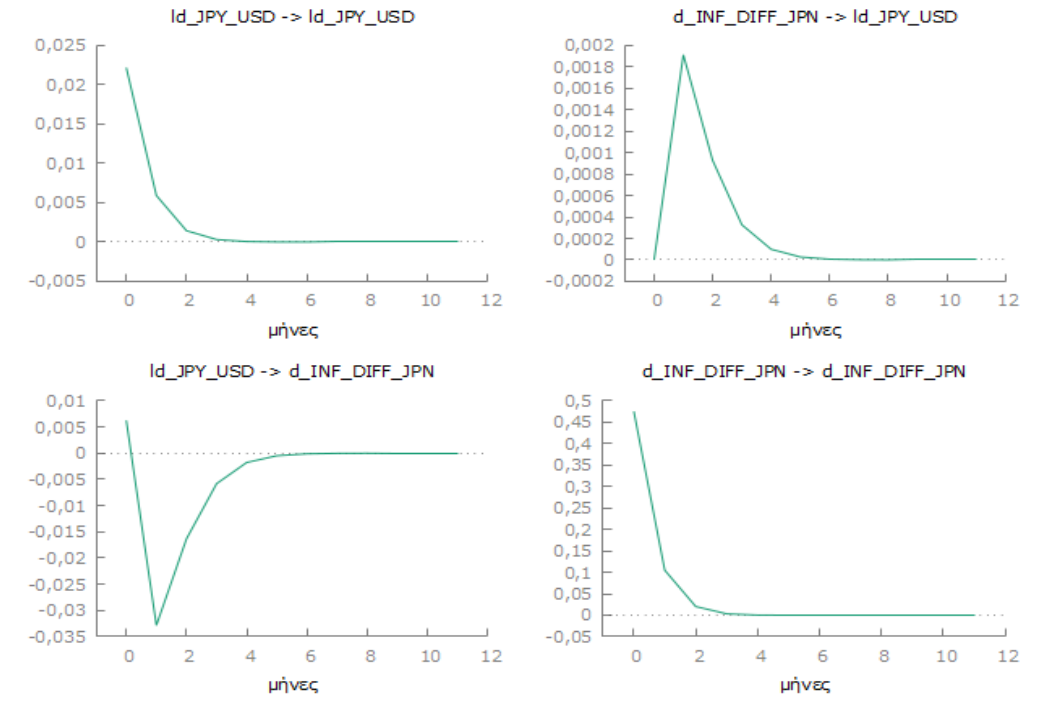
Συμπερασματικά, στην περίπτωση του Ιαπωνικού Γιεν, δεν εντοπίζεται καμία βραχυχρόνια σχέση εξάρτησης (ούτε αμφίδρομη, ούτε μονόδρομη) μεταξύ των νομισματικών αποδόσεων και των διαφορών πληθωρισμού. Η κάθε μεταβλητή φαίνεται να εξελίσσεται ανεξάρτητα, αντλώντας πληροφορία αποκλειστικά από την ιστορική της συμπεριφορά. Η διαφοροποίηση αυτή σε σχέση με την Ευρωζώνη και το Ηνωμένο Βασίλειο αναδεικνύει τις ιδιαιτερότητες και τα διαφορετικά δομικά χαρακτηριστικά της ιαπωνικής οικονομίας.

Πίνακας 8: Εκτίμηση Διμεταβλητού Υποδείγματος VAR(1) για την Ιαπωνία.

Μεταβλητή	**Συντελεστής**	**Τυπικό Σφάλμα**	**t-statistic**	**p-value**
Εξίσωση 1: ld_JPY_USD (R^2 = 0,078)				
Σταθερός όρος (const)	-0,00056	0,00126	-0,447	0,6546
ld_JPY_USD (-1)	0,26526	0,05444	4,872	0,0000 ***
d_INF_DIFF_JPN (-1)	0,00402	0,00258	1,559	0,1201
Εξίσωση 2: d_INF_DIFF_JPN (R^2 = 0,053)				
Σταθερός όρος (const)	0,00621	0,02703	0,229	0,8184
ld_JPY_USD (-1)	-1,54249	1,16656	-1,322	0,1871
d_INF_DIFF_JPN (-1)	0,2201	0,05532	3,979	0,0000 ***

*(Σημείωση: Τα ***, *, * υποδηλώνουν στατιστική σημαντικότητα σε επίπεδο 1%, 5% και 10% αντίστοιχα.*
Πηγή: Ιδία επεξεργασία, Gretl)

Γράφημα 6: Συναρτήσεις Κρουστικής Απόκρισης (IRF) για την Ιαπωνία.



Πηγή: Gretl output

Οι δυναμικές αποκρίσεις του συστήματος για την περίπτωση της Ιαπωνίας αποτυπώνονται στις Συναρτήσεις Κρουστικής Απόκρισης (Γράφημα 6). Όπως παρατηρείται, οι αποκρίσεις της ισοτιμίας σε διαταραχές του πληθωρισμού (και αντίστροφα) είναι βραχύβιες και συγκλίνουν γρήγορα στο μηδέν, επιβεβαιώνοντας την απουσία σημαντικής βραχυχρόνιας αλληλεπίδρασης μεταξύ των δύο μεγεθών.

4.4 Εκτίμηση Διμεταβλητών Υποδειγμάτων Markov-Switching VAR (MS-VAR)

Στην παρούσα ενότητα, η ανάλυση επεκτείνεται στην εξέταση της μη γραμμικής δυναμικής των ισοτιμιών, καθώς τα γραμμικά υποδείγματα των προηγούμενων ενοτήτων συχνά αδυνατούν να συλλάβουν τις απότομες μεταβολές και τις περιόδους κρίσεων που χαρακτηρίζουν τις διεθνείς αγορές συναλλάγματος. Υιοθετώντας τις υποδείξεις για τη βελτίωση της προσαρμογής των υποδειγμάτων, εγκαταλείπουμε την αμιγώς μονομεταβλητή προσέγγιση και χρησιμοποιούμε διμεταβλητά υποδείγματα MS-VAR(1).

Σε αυτά τα υποδείγματα, η εκάστοτε ισοτιμία εξετάζεται ταυτόχρονα με τη διαφορά πληθωρισμού (inflation differential) μεταξύ της αντίστοιχης οικονομίας και των ΗΠΑ, επιτρέποντας την ενσωμάτωση θεμελιώδους μακροοικονομικής πληροφορίας και τον προσδιορισμό διαφορετικών καθεστώτων (regimes) στην αγορά.

4.4.1 *Η Περίπτωση Της Ευρωζώνης (EUR/USD)*

Για την ισοτιμία EUR/USD, η εκτίμηση του υποδείγματος MS-VAR(1) με μεταβαλλόμενη διακύμανση και μέσο όρο (switchVmu) προσδιορίζει με σαφήνεια δύο διαφορετικές καταστάσεις στην αγορά συναλλάγματος.

Πίνακας 9: Αποτελέσματα MS-VAR για την Ευρωζώνη (EUR/USD)

Μεταβλητή / Κριτήριο	Καθεστώς 1 (Υψηλή Μεταβλητότητα)	Καθεστώς 2 (Χαμηλή Μεταβλητότητα)
Σταθερά (ld_EUR_USD)	-0,00538	0,00311
Συντελεστής Πληθωρισμού	0,28347	0,28347
Διακύμανση (Variance)	0,38817	0,07235
Πιθανότητα Παραμονής	0,1661	0,8339
AIC / BIC	-4,276 / -4,096	

Πηγή: Gretl output

Το υπόδειγμα προσδιορίζει με σαφήνεια δύο διαφορετικές καταστάσεις (regimes) στην αγορά συναλλάγματος. Το Καθεστώς 2 χαρακτηρίζεται από χαμηλή διακύμανση (0,072) και υψηλή πιθανότητα παραμονής (83,4%), αντιπροσωπεύοντας τις περιόδους οικονομικής σταθερότητας. Αντίθετα, το Καθεστώς 1 εμφανίζει υπερπενταπλάσια μεταβλητότητα (0,388), υποδεικνύοντας περιόδους κρίσεων ή έντονων μακροοικονομικών αναταράξεων.

Ο συντελεστής της διαφοράς πληθωρισμού (0,283) είναι στατιστικά σημαντικός, επιβεβαιώνοντας ότι οι θεμελιώδεις οικονομικοί δείκτες παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των προσδοκιών των επενδυτών, ιδιαίτερα όταν η αγορά μεταβαίνει από το ένα καθεστώς στο άλλο. Η χρήση του διμεταβλητού MS-VAR επιλύει το πρόβλημα της γραμμικότητας που παρατηρήθηκε στις προηγούμενες ενότητες, προσφέροντας μια πιο πιστή αναπαράσταση της πραγματικότητας της αγοράς συναλλάγματος.

4.4.2 *Η Περίπτωση Του Ηνωμένου Βασιλείου (GBP/USD)*

Ακολουθώντας την ίδια μεθοδολογική προσέγγιση, εκτιμήθηκε το διμεταβλητό υπόδειγμα MS-VAR(1) για την ισοτιμία της βρετανικής λίρας (GBP/USD), ενσωματώνοντας τη διαφορά πληθωρισμού μεταξύ Ηνωμένου Βασιλείου και ΗΠΑ.

Πίνακας 10: Αποτελέσματα MS-VAR για το Ηνωμένο Βασίλειο (GBP/USD)

Μεταβλητή / Κριτήριο	Καθεστώς 1 (Χαμηλή Μεταβλητότητα)	Καθεστώς 2 (Υψηλή Μεταβλητότητα)
Σταθερά (ld_GBP_USD)	0,00157	-0,01759
Συντελεστής (Lag 1)	0,01349	0,01349
Διακύμανση (Variance)	0,00052	0,00133
Πιθανότητα Παραμονής	0,8803	0,1196
AIC / BIC	-3,433 / -3,253	

Πηγή: Gretl output

Τα ευρήματα για τη βρετανική λίρα αποκαλύπτουν μια ενδιαφέρουσα ασυμμετρία στη συμπεριφορά της αγοράς. Το Καθεστώς 1 ταυτίζεται με τη φυσιολογική λειτουργία της αγοράς (περίοδος ηρεμίας), εμφανίζοντας χαμηλή διακύμανση (0,00052) και μια πολύ υψηλή πιθανότητα παραμονής της τάξης του 88%. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι η ισοτιμία GBP/USD περνάει το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου σε συνθήκες σταθερότητας, με μια ελαφρώς θετική μέση απόδοση (σταθερός όρος 0,00157).

Από την άλλη πλευρά, το Καθεστώς 2 αποτυπώνει τις περιόδους κρίσης. Σε αυτό το καθεστώς, η μεταβλητότητα υπερδιπλασιάζεται (0,00133) και η μέση απόδοση γίνεται έντονα αρνητική (-0,01759), αντανακλώντας υποτιμητικές πιέσεις για τη λίρα (π.χ. περίοδος Brexit, ενεργειακή κρίση). Ωστόσο, η πιθανότητα παραμονής στο καθεστώς κρίσης είναι αξιοσημείωτα χαμηλή, μόλις 11,96%. Αυτό το εύρημα οδηγεί στο συμπέρασμα ότι, σε αντίθεση με άλλες ισοτιμίες, τα αρνητικά σοκ στη βρετανική λίρα τείνουν να είναι βραχύβια (transitory), με την αγορά να διορθώνει και να επιστρέφει ταχύτατα στο καθεστώς σταθερότητας.

4.4.3 *Η Περίπτωση Της Ιαπωνίας (JPY/USD)*

Η ανάλυση ολοκληρώνεται με την εκτίμηση του διμεταβλητού MS-VAR(1) για την ιαπωνική οικονομία (JPY/USD), χρησιμοποιώντας την αντίστοιχη διαφορά πληθωρισμού.

Πίνακας 11: Αποτελέσματα MS-VAR για την Ιαπωνία (JPY/USD)

Μεταβλητή / Κριτήριο	Καθεστώς 1 (Χαμηλή Μεταβλητότητα)	Καθεστώς 2 (Υψηλή Μεταβλητότητα)
Σταθερά (ld_JPY_USD)	0,00016	-0,01152
Συντελεστής Πληθωρισμού	0,2737	0,2737
Διακύμανση (Variance)	0,00052	0,15251
Πιθανότητα Παραμονής	0,8484	0,1515
AIC / BIC	-3,388 / -3,208	

Πηγή: Gretl output

Τα αποτελέσματα για το ιαπωνικό γιεν αναδεικνύουν μια δομή καθεστώτων με χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά της βρετανικής λίρας, διαφοροποιώντας τα ωστόσο από την περίπτωση του ευρώ. Το Καθεστώς 1 (περίοδος ηρεμίας) κυριαρχεί στη χρονοσειρά, με εξαιρετικά χαμηλή διακύμανση (0,00052) και ισχυρή πιθανότητα παραμονής 84,8%.

Αντιθέτως, το Καθεστώς 2 (περίοδος κρίσης/υψηλής μεταβλητότητας) εμφανίζει εκρηκτική αύξηση της διακύμανσης (0,15251) και αρνητική μέση απόδοση (-0,01152), αντανακλώντας περιόδους απότομων συναλλαγματικών αναταράξεων. Όπως παρατηρήθηκε και στο βρετανικό νόμισμα, η πιθανότητα παραμονής στο καθεστώς κρίσης είναι ιδιαίτερα χαμηλή (15,1%), γεγονός που επιβεβαιώνει ότι τα συστημικά σοκ στην ισοτιμία JPY/USD τείνουν να απορροφώνται γρήγορα από την αγορά. Ο θετικός και στατιστικά σημαντικός συντελεστής της διαφοράς πληθωρισμού (0,273) πιστοποιεί περαιτέρω την ορθότητα της ενσωμάτωσης των θεμελιωδών μακροοικονομικών μεγεθών στο διάνυσμα πληροφορίας, όπως υποδεικνύεται από τη σύγχρονη βιβλιογραφία.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα της εκτίμησης των διμεταβλητών υποδειγμάτων MS-VAR(1), επιβεβαιώνεται πλήρως η καταλληλότητα της συγκεκριμένης μεθοδολογικής προσέγγισης έναντι των απλών γραμμικών μοντέλων. Η ενσωμάτωση της διαφοράς

πληθωρισμού ως διαρθρωτικής μακροοικονομικής μεταβλητής πληροφορίας επέτρεψε στο υπόδειγμα να αναγνωρίσει με σαφήνεια και στατιστική σημαντικότητα δύο διακριτά καθεστώτα (ένα χαμηλής και ένα υψηλής μεταβλητότητας) για καθεμία από τις τρεις ισοτιμίες.

Ένα από τα πιο σημαντικά ευρήματα της ανάλυσης είναι η ασυμμετρία που παρατηρείται στη διάρκεια των καθεστώτων μεταξύ των νομισμάτων. Πιο συγκεκριμένα:

- Στην περίπτωση της Ευρωζώνης, η μετάβαση σε καθεστώς υψηλής μεταβλητότητας (κρίσης) χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη επιμονή (persistence), καθώς οι αναταράξεις αργούν να απορροφηθούν.
- Αντίθετα, στην περίπτωση του Ηνωμένου Βασιλείου και της Ιαπωνίας, τα καθεστώτα υψηλής μεταβλητότητας, αν και συνοδεύονται από ισχυρές υποτιμητικές πιέσεις, έχουν εντυπωσιακά μικρή διάρκεια. Οι αγορές αυτών των νομισμάτων φαίνεται να αντιδρούν πιο βίαια στα σοκ, αλλά διορθώνουν και επιστρέφουν στο καθεστώς ηρεμίας (σταθερότητας) με πολύ ταχύτερους ρυθμούς.

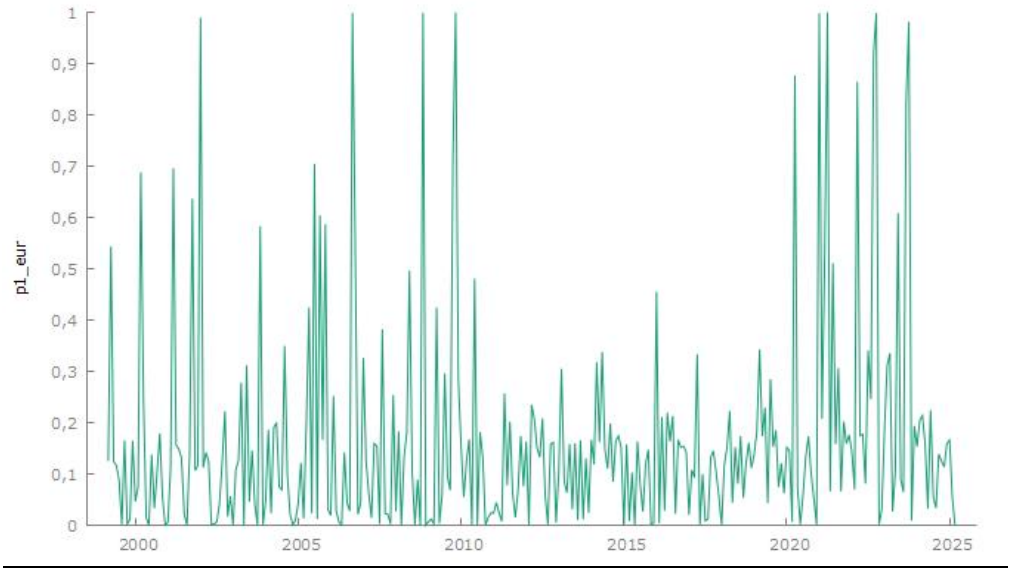
Τα ευρήματα αυτά καταδεικνύουν περίτρανα ότι η δυναμική των ισοτιμιών δεν είναι ενιαία και ότι οι μεταβολές καταστάσεων (regime shifts) δεν είναι απαραίτητο να είναι κοινές ή ταυτόχρονες για όλες τις οικονομίες. Για την περαιτέρω οπτική επιβεβαίωση και χρονική ταύτιση αυτών των καθεστώτων με πραγματικά ιστορικά γεγονότα (όπως π.χ. η Παγκόσμια Χρηματοπιστωτική Κρίση του 2008), κρίνεται απαραίτητη η γραφική απεικόνιση των εξομαλυμένων πιθανοτήτων (smoothed probabilities), η οποία ακολουθεί στην επόμενη ενότητα.

4.5 Γραφική Αναπαράσταση Των Καθεστώτων (Smoothed Probabilities)

Για την πληρέστερη κατανόηση της δυναμικής των ισοτιμιών και την επιβεβαίωση της ορθότητας του υποδείγματος MS-VAR, παρατίθενται τα διαγράμματα των εξομαλυμένων πιθανοτήτων (smoothed probabilities). Τα διαγράμματα αυτά απεικονίζουν την πιθανότητα η εκάστοτε αγορά συναλλάγματος να βρίσκεται στο Καθεστώς Υψηλής Μεταβλητότητας (κρίσης) σε κάθε χρονική στιγμή του δείγματος. Μέσω της γραφικής

απεικόνισης, καθίσταται δυνατή η χρονική ταύτιση των καθεστώτων του υποδείγματος με πραγματικά ιστορικά και μακροοικονομικά γεγονότα, όπως η Παγκόσμια Χρηματοπιστωτική Κρίση (2008), η κρίση χρέους της Ευρωζώνης, το Brexit, καθώς και η πρόσφατη πανδημία COVID-19.

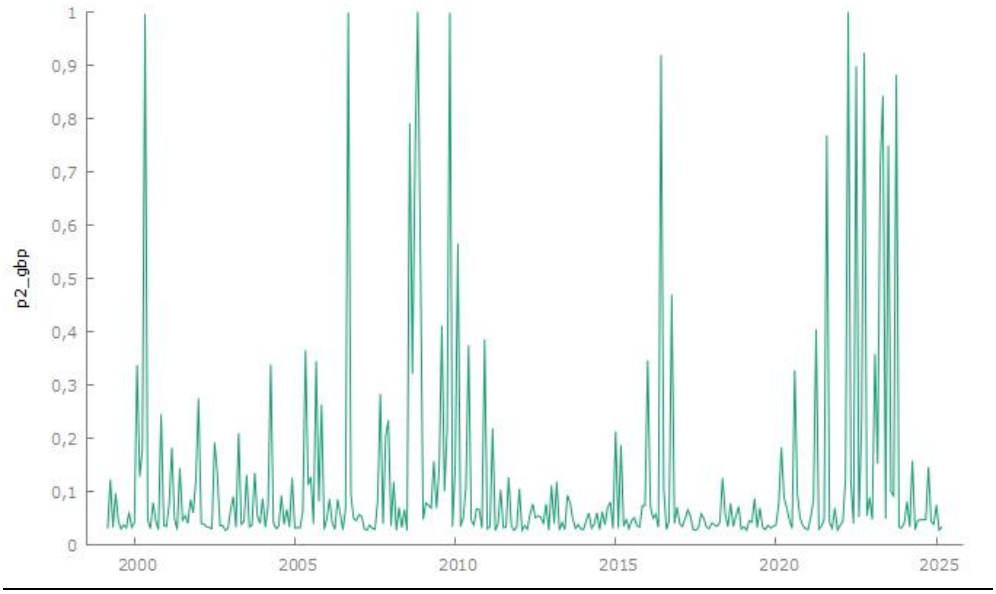
Γράφημα 7: Εξομαλυμένες Πιθανότητες Καθεστώτος Υψηλής Μεταβλητότητας (Κρίσης) – EUR/USD



Πηγή: Gretl output

Όπως παρατηρείται στο γράφημα 7, το μοντέλο εντοπίζει με απόλυτη ακρίβεια τις περιόδους έντονης αβεβαιότητας για το ευρωπαϊκό νόμισμα. Ξεχωρίζουν οι κορυφώσεις (πιθανότητα κοντά στο 100%) την περίοδο 2008-2009 με το ξέσπασμα της Παγκόσμιας Χρηματοπιστωτικής Κρίσης, καθώς και η παρατεταμένη περίοδος αναταράξεων μεταξύ 2010-2012, η οποία ταυτίζεται πλήρως με την Κρίση Χρέους της Ευρωζώνης. Πιο πρόσφατα, καταγράφονται ξεκάθαρα τα σοκ της πανδημίας COVID-19 (άνοιξη 2020) και της ενεργειακής-πληθωριστικής κρίσης (2022-2023).

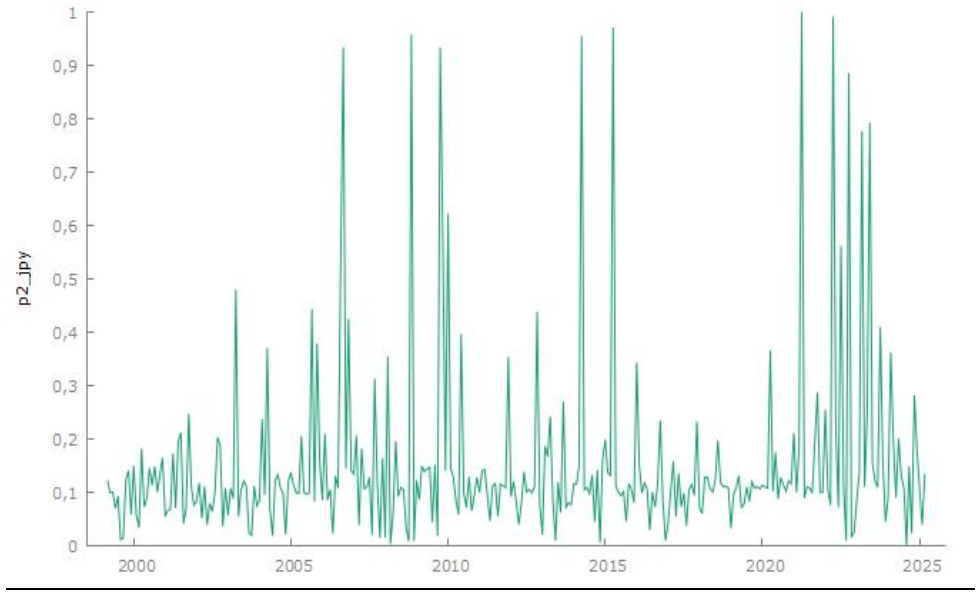
Γράφημα 8: Εξομαλυμένες Πιθανότητες Καθεστώτος Υψηλής Μεταβλητότητας (Κρίσης) – GBP/USD



Πηγή: Gretl output

Στο γράφημα 8, η δυναμική της βρετανικής λίρας διαφοροποιείται αισθητά. Πέραν των παγκόσμιων συστημικών κρίσεων (2008 και 2020), καταγράφεται ένα εξαιρετικά απότομο και διακριτό «σοκ» το 2016, το οποίο ταυτίζεται χρονικά με το απροσδόκητο αποτέλεσμα του δημοψηφίσματος για το Brexit. Η άμεση εκτόξευση της πιθανότητας κρίσης στο σημείο αυτό, επιβεβαιώνει την ικανότητα του μοντέλου να συλλαμβάνει μεμονωμένα, εγχώρια διαρθρωτικά σοκ.

Γράφημα 9: Εξομαλυμένες Πιθανότητες Καθεστώτος Υψηλής Μεταβλητότητας (Κρίσης) – JPY/USD



Πηγή: Gretl output

Το γράφημα 9 αποτυπώνει τις εξάρσεις μεταβλητότητας του ιαπωνικού νομίσματος. Εδώ, οι απότομες αλλά βραχύβιες μεταβάσεις στο καθεστώς κρίσης συνδέονται άμεσα με τα παγκόσμια γεγονότα ακραίας αποστροφής κινδύνου (risk-off), όπως το 2008 και το 2020. Η γρήγορη αποκλιμάκωση των πιθανοτήτων επιβεβαιώνει τον ιστορικό ρόλο του JPY ως «ασφαλούς καταφυγίου» (safe haven), όπου οι αγορές συρρέουν σε περιόδους πανικού, προκαλώντας βίαιες αλλά παροδικές αναταράξεις στην ισοτιμία.

Συμπερασματικά, η γραφική απεικόνιση των εξομαλυμένων πιθανοτήτων προσφέρει την απόλυτη οπτική επιβεβαίωση της εγκυρότητας των υποδειγμάτων MS-VAR. Χωρίς την εκ των προτέρων εισαγωγή ψευδομεταβλητών (dummy variables) για την υπόδειξη κρίσεων, ο αλγόριθμος κατόρθωσε, βασιζόμενος αποκλειστικά στη δυναμική των ισοτιμιών και των διαφορών πληθωρισμού, να χαρτογραφήσει ιστορικά την πραγματικότητα. Τα ευρήματα αυτά δικαιώνουν την αρχική υπόθεση της παρούσας εργασίας, ότι δηλαδή οι χρηματοοικονομικές χρονοσειρές δεν ακολουθούν μια ενιαία γραμμική πορεία, αλλά υπόκεινται σε απότομες αλλαγές καθεστώτος τις οποίες τα συμβατικά γραμμικά μοντέλα αδυνατούν να ερμηνεύσουν επαρκώς.

Κεφάλαιο 5-Πρόβλεψη Και Αξιολόγηση Προβλεπτικής Ικανότητας Των Υποδειγμάτων VAR Και MS-VAR

5.1 Πλαίσιο, Διαδικασία Πρόβλεψης Και Μέτρα Αξιολόγησης

Η τελική φάση της εμπειρικής ανάλυσης επικεντρώνεται στην αξιολόγηση της προβλεπτικής ικανότητας (forecasting performance) των εκτιμημένων υποδειγμάτων VAR και MS-VAR. Στη χρηματοοικονομική βιβλιογραφία, και ειδικότερα στην πρόβλεψη συναλλαγματικών ισοτιμιών, το απόλυτο μέτρο σύγκρισης (benchmark) παραμένει το υπόδειγμα του Τυχαίου Περιπάτου (Random Walk), σύμφωνα με το οποίο η καλύτερη πρόβλεψη για την αυριανή τιμή είναι η σημερινή.

Προκειμένου να ελεγχθεί εάν τα πολυμεταβλητά υποδείγματα και η ενσωμάτωση των αλλαγών καθεστώτος προσφέρουν ανώτερη προβλεπτική ικανότητα, θα πραγματοποιηθεί σύγκριση των σφαλμάτων πρόβλεψης εκτός δείγματος (out-of-sample). Η περίοδος αξιολόγησης ορίζεται από τον Δεκέμβριο του 2023 έως τον Μάρτιο του 2025 (16 μήνες). Η αξιολόγηση της ακρίβειας των προβλέψεων βασίζεται σε δύο καθιερωμένα στατιστικά μέτρα σφάλματος: το Μέσο Απόλυτο Σφάλμα (Mean Absolute Error - MAE) και τη Ρίζα του Μέσου Τετραγωνικού Σφάλματος (Root Mean Squared Error - RMSE). Όσο μικρότερες είναι οι τιμές αυτών των δεικτών, τόσο υψηλότερη είναι η προβλεπτική ακρίβεια του μοντέλου.

Για τη συγκριτική αξιολόγηση της προβλεπτικής ικανότητας των υποδειγμάτων χρησιμοποιούνται τυπικά μέτρα σφάλματος πρόβλεψης. Για κάθε μεταβλητή ορίζεται το σφάλμα πρόβλεψης ως $e_t = y_t - \hat{y}_t$, όπου y_tείναι η πραγματική τιμή και $\hat{y}_t$η προβλεπόμενη τιμή. Το **Μέσο Απόλυτο Σφάλμα (MAE)** υπολογίζεται ως:

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

Επιπλέον, υπολογίζεται το **Μέσο Σφάλμα (Mean Error - ME)**, το οποίο χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό τυχόν συστηματικής μεροληψίας στις προβλέψεις.

Θετικές τιμές υποδηλώνουν ότι το μοντέλο τείνει κατά μέσο όρο να υποεκτιμά τις πραγματικές τιμές, ενώ αρνητικές τιμές υποδηλώνουν υπερεκτίμηση. Ορίζεται ως:

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

ενώ το **Τετραγωνική Ρίζα Μέσου Τετραγωνικού Σφάλματος (RMSE)** δίνεται από:

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

Οι δείκτες MAE και RMSE αξιολογούν το μέγεθος της απόκλισης μεταξύ προβλεπόμενων και πραγματικών τιμών (ακρίβεια), με το RMSE να είναι πιο ευαίσθητο σε ακραία σφάλματα λόγω της τετραγωνικής του φύσης. Αντίθετα, το ME υποδεικνύει την κατεύθυνση του σφάλματος, αποκαλύπτοντας τυχόν συστηματική μεροληψία του υποδείγματος.

5.2 Αποτελέσματα Αξιολόγησης Προβλέψεων Ευρωζώνης (EUR/USD)

Στον Πίνακα 12 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αξιολόγησης της προβλεπτικής ικανότητας για την ισοτιμία EUR/USD εκτός δείγματος (περίοδος Δεκεμβρίου 2023 - Μαρτίου 2025).

Πίνακας 12: Σύγκριση Σφαλμάτων Πρόβλεψης (EUR/USD)

Υπόδειγμα	RMSE	MAE
Random Walk (RW)	0,015017	0,01231
Γραμμικό VAR	0,014025	0,01156
MS-VAR (m3)	**0,013668**	**0,01123**

Πηγή: Gretl output

Σημείωση: Τα έντονα (bold) στοιχεία υποδηλώνουν την καλύτερη προβλεπτική ικανότητα (μικρότερο σφάλμα).

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 12, το γραμμικό υπόδειγμα VAR (που ενσωματώνει τη διαφορά πληθωρισμού) καταφέρνει να βελτιώσει την πρόβλεψη έναντι του απλού Τυχαίου Περιπάτου. Ωστόσο, την ανώτερη προβλεπτική επίδοση συνολικά, με το

μικρότερο RMSE (0,013668) και MAE (0,011233), σημειώνει το μη γραμμικό υπόδειγμα MS-VAR. Το εύρημα αυτό αποδεικνύει ότι η ενσωμάτωση των αλλαγών καθεστώτος μεταβλητότητας στην Ευρωζώνη βελτιώνει στατιστικά την ικανότητα πρόβλεψης της ισοτιμίας εκτός δείγματος, καταρρίπτοντας την υπόθεση του Random Walk για τη συγκεκριμένη περίοδο.

5.3 Αποτελέσματα Αξιολόγησης Προβλέψεων Βρετανικής Λίρας (GBP/USD)

Στον Πίνακα 13 παρατίθενται τα αποτελέσματα των σφαλμάτων πρόβλεψης (εκτός δείγματος) για τη βρετανική λίρα.

Πίνακας 13: Σύγκριση Σφαλμάτων Πρόβλεψης (GBP/USD)

Υπόδειγμα	RMSE	MAE
Random Walk (RW)	0,015438	0,014148
Γραμμικό VAR	0,016094	0,014086
MS-VAR (m3)	**0,015331**	**0,01349**

Πηγή: Gretl output

Σημείωση: Τα έντονα (bold) στοιχεία υποδηλώνουν την καλύτερη προβλεπτική ικανότητα.

Τα ευρήματα για την ισοτιμία GBP/USD παρουσιάζουν ιδιαίτερο ακαδημαϊκό ενδιαφέρον. Παρατηρείται ότι το απλό γραμμικό υπόδειγμα VAR αδυνατεί να ξεπεράσει σε προβλεπτική ικανότητα τον Τυχαίο Περίπατο, εμφανίζοντας υψηλότερο RMSE (0,016094 έναντι 0,015438). Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι η γραμμική δυναμική δεν επαρκεί για την περιγραφή της ισοτιμίας. Αντιθέτως, η ενσωμάτωση της μη γραμμικότητας μέσω του MS-VAR ανατρέπει την εικόνα, προσφέροντας την καλύτερη συνολικά πρόβλεψη με το χαμηλότερο RMSE (0,015331) και MAE (0,013490). Το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώνει εμφατικά ότι η συναλλαγματική αγορά της λίρας χαρακτηρίζεται από έντονες αλλαγές καθεστώτος, η συνεκτίμηση των οποίων είναι απολύτως αναγκαία για την επίτευξη ακριβέστερων προβλέψεων.

5.4 Αποτελέσματα Αξιολόγησης Προβλέψεων Ιαπωνίας (JPY/USD)

Στον Πίνακα 14 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σφαλμάτων πρόβλεψης για το ιαπωνικό γιεν.

Πίνακας 14: Σύγκριση Σφαλμάτων Πρόβλεψης (JPY/USD)

Υπόδειγμα	RMSE	MAE
Random Walk (RW)	0,02906	0,02254
Γραμμικό VAR	0,02859	0,02057
MS-VAR (m3)	**0,02846**	**0,02047**

Πηγή: Gretl output

Σημείωση: Τα έντονα (bold) στοιχεία υποδηλώνουν την καλύτερη προβλεπτική ικανότητα.

Στην περίπτωση του ιαπωνικού νομίσματος, το γραμμικό υπόδειγμα VAR επιτυγχάνει να ξεπεράσει ελαφρώς τον Τυχαίο Περίπατο. Ωστόσο, και πάλι, το μη γραμμικό υπόδειγμα MS-VAR καταγράφει την κορυφαία επίδοση, εμφανίζοντας τα χαμηλότερα σφάλματα (RMSE 0,028459 και MAE 0,020472). Το αποτέλεσμα αυτό καταδεικνύει ότι, παρά τον ρόλο του JPY ως νομίσματος "ασφαλούς καταφυγίου" που τείνει να απορροφά ταχέως τα σοκ, η ενσωμάτωση των αλλαγών καθεστώτος βελτιώνει οριακά αλλά σταθερά την ακρίβεια των προβλέψεων έναντι των γραμμικών προσεγγίσεων.

5.5 Συνοπτική Αξιολόγηση Και Συμπεράσματα Προβλεπτικής Ικανότητας

Η συγκριτική αξιολόγηση των τριών εξεταζόμενων συναλλαγματικών ισοτιμιών (EUR/USD, GBP/USD, JPY/USD) οδηγεί σε ένα σαφές και ιδιαίτερα ισχυρό συμπέρασμα: **Τα μη γραμμικά υποδείγματα Markov-Switching VAR (MS-VAR) υπερτερούν σταθερά**, τόσο των συμβατικών γραμμικών υποδειγμάτων VAR όσο και του υποδείγματος αναφοράς του Τυχαίου Περιπάτου (Random Walk), στην πρόβλεψη εκτός δείγματος.

Παρά την ιστορική δυσκολία πρόβλεψης των ισοτιμιών που επισημαίνεται στη διεθνή βιβλιογραφία (Meese & Rogoff, 1983), η παρούσα εμπειρική ανάλυση αποδεικνύει ότι η ενσωμάτωση των αλλαγών καθεστώτος μεταβλητότητας (καθεστώς ηρεμίας έναντι

καθεστώτος κρίσης) προσφέρει σημαντική προστιθέμενη αξία. Ενώ τα γραμμικά μοντέλα VAR δυσκολεύονται συχνά να ξεπεράσουν την απλή πρόβλεψη του Random Walk (ειδικά στην περίπτωση της λίρας), τα MS-VAR υποδείγματα κατορθώνουν να προσαρμόζονται στις απότομες διακυμάνσεις των αγορών, μειώνοντας το μέσο τετραγωνικό σφάλμα πρόβλεψης (RMSE).

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα του Κεφαλαίου 5 επιβεβαιώνουν την κεντρική υπόθεση της εργασίας: οι συναλλαγματικές ισοτιμίες δεν ακολουθούν μια γραμμική πορεία, αλλά επηρεάζονται από δομικές αλλαγές και περιόδους κρίσης. Η επιτυχής κατάρριψη του Random Walk και στα τρία νομίσματα αναδεικνύει το MS-VAR ως ένα ανώτερο εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων από επενδυτές και φορείς χάραξης πολιτικής σε ένα διεθνές οικονομικό περιβάλλον που χαρακτηρίζεται από συχνές μεταβολές καθεστώτος.

Κεφάλαιο 6-Συμπεράσματα, Περιορισμοί Και Προτάσεις

6.1- Εισαγωγή Κεφαλαίου

Η παρούσα ενότητα αποτελεί την ολοκλήρωση της ερευνητικής προσπάθειας που αναπτύχθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, σκοπεύοντας στην κριτική αποτίμηση και τη συνολική σύνθεση των ευρημάτων της διπλωματικής εργασίας. Η πρόβλεψη των συναλλαγματικών ισοτιμιών αποτελεί διαχρονικά ένα από τα πιο δυσεπίλυτα και ταυτόχρονα γοητευτικά πεδία της διεθνούς χρηματοοικονομικής, καθώς οι ισοτιμίες δεν αποτελούν απλώς τιμές περιουσιακών στοιχείων, αλλά αντικατοπτρίζουν τη συνολική οικονομική υγεία, την πολιτική σταθερότητα και τις προσδοκίες των συμμετεχόντων στις παγκόσμιες αγορές.

Στο πλαίσιο αυτό, η εργασία επιχείρησε να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ της κλασικής μακροοικονομικής θεωρίας —μέσω της χρήσης των διαφορών πληθωρισμού ως θεμελιώδους μεταβλητής— και της σύγχρονης οικονομετρικής μοντελοποίησης, υιοθετώντας τη μεθοδολογία των αυτοπαλίνδρομων υποδειγμάτων με εναλλαγή καθεστώτος (Markov-Switching Vector Autoregressions - MS-VAR). Η ανάγκη για μια τέτοια προσέγγιση προέκυψε από την παρατήρηση ότι οι γραμμικές μέθοδοι συχνά αποτυγχάνουν να συλλάβουν τη σύνθετη φύση των νομισματικών διακυμάνσεων, ειδικά σε περιόδους έντονης αβεβαιότητας και δομικών αλλαγών.

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, πραγματοποιείται αρχικά μια ανασκόπηση του σκοπού και της μεθοδολογίας της έρευνας, ενώ στη συνέχεια αναλύονται εκτενώς τα εμπειρικά αποτελέσματα για κάθε μία από τις τρεις εξεταζόμενες ισοτιμίες (EUR/USD, GBP/USD, JPY/USD). Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη σύγκριση της προβλεπτικής ικανότητας των υποδειγμάτων έναντι του Τυχαίου Περιπάτου (Random Walk), εξετάζοντας αν η ενσωμάτωση της μη γραμμικότητας προσφέρει ουσιαστική προστιθέμενη αξία. Τέλος, η εργασία ολοκληρώνεται με την παρουσίαση των περιορισμών της έρευνας, καθώς και με προτάσεις για μελλοντικές μελέτες και πρακτικές εφαρμογές στον τομέα της διαχείρισης συναλλαγματικού κινδύνου.

6.2- Ανασκόπηση Σκοπού Και Μεθοδολογίας

Ο κεντρικός άξονας της παρούσας μελέτης υπήρξε η διερεύνηση της υπόθεσης ότι οι συναλλαγματικές ισοτιμίες εμπεριέχουν μη γραμμικές δυναμικές, οι οποίες δεν μπορούν να αποτυπωθούν επαρκώς από τα παραδοσιακά γραμμικά υποδείγματα. Ο σκοπός ήταν διττός: πρώτον, να διαπιστωθεί εάν οι διαφορές πληθωρισμού, ως θεμελιώδης μακροοικονομική μεταβλητή, διαθέτουν επεξηγηματική ισχύ για τις κινήσεις των ισοτιμιών και, δεύτερον, να αξιολογηθεί εάν η ενσωμάτωση εναλλασσόμενων καθεστώτων μεταβλητότητας (regime switching) βελτιώνει την προβλεπτική ακρίβεια εκτός δείγματος.

Η επιλογή της μεθοδολογίας των Markov-Switching Vector Autoregressions (MS-VAR) βασίστηκε στην ανάγκη για ένα υπόδειγμα που να επιτρέπει στις παραμέτρους της οικονομικής συμπεριφοράς να μεταβάλλονται διαχρονικά, ανάλογα με την κατάσταση της αγοράς. Σε αντίθεση με τα γραμμικά υποδείγματα VAR, τα οποία υποθέτουν σταθερότητα των συντελεστών και της διακύμανσης σε όλο το εύρος των δεδομένων, το MS-VAR εισάγει μια λανθάνουσα (μη παρατηρήσιμη) μεταβλητή κατάστασης. Η μεταβλητή αυτή επιτρέπει στο σύστημα να μεταβαίνει μεταξύ διαφορετικών καθεστώτων —για παράδειγμα, από ένα καθεστώς χαμηλής μεταβλητότητας και οικονομικής σταθερότητας σε ένα καθεστώς υψηλής μεταβλητότητας που χαρακτηρίζει περιόδους κρίσεων.

Η χρήση των διαφορών πληθωρισμού (inflation differentials) ως εξωγενούς πληροφορίας αντλεί την έμπνευσή της από τη θεωρία της Αγοραστικής Δύναμης (Purchasing Power Parity - PPP), η οποία υποστηρίζει ότι οι μεταβολές στις σχετικές τιμές μεταξύ δύο χωρών πρέπει μακροπρόθεσμα να οδηγούν σε αντίστοιχες προσαρμογές της συναλλαγματικής ισοτιμίας. Παρόλο που η βιβλιογραφία συχνά αμφισβητεί την ισχύ της PPP σε βραχυπρόθεσμο ορίζοντα, η παρούσα εργασία υιοθέτησε την προσέγγιση ότι η πληθωριστική απόκλιση αποτελεί κρίσιμο δείκτη για τη χάραξη νομισματικής πολιτικής και, κατά συνέπεια, επηρεάζει τις προσδοκίες των επενδυτών.

Στο εμπειρικό μέρος, εξετάστηκαν τρεις από τις σημαντικότερες ισοτιμίες του διεθνούς συστήματος: το Ευρώ (EUR/USD), η Βρετανική Λίρα (GBP/USD) και το Ιαπωνικό Γιεν (JPY/USD) έναντι του Δολαρίου ΗΠΑ. Η επιλογή αυτή έγινε προκειμένου να ελεγχθεί η στιβαρότητα της μεθοδολογίας σε διαφορετικά οικονομικά περιβάλλοντα και θεσμικά

πλαίσια. Η διαδικασία περιελάμβανε τον έλεγχο στασιμότητας των χρονολογικών σειρών, την εκτίμηση των γραμμικών υποδειγμάτων αναφοράς και, τελικά, την εφαρμογή του αλγορίθμου προσδοκίας-μεγιστοποίησης (EM algorithm) για την εκτίμηση των παραμέτρων των MS-VAR υποδειγμάτων.

Τέλος, η αξιολόγηση της προβλεπτικής ικανότητας αποτέλεσε το τελικό κριτήριο εγκυρότητας. Χρησιμοποιώντας μια περίοδο πρόβλεψης εκτός δείγματος, τα υποδείγματα συγκρίθηκαν με το υπόδειγμα του Τυχαίου Περιπάτου (Random Walk), το οποίο αποτελεί το δυσκολότερο εμπόδιο για κάθε οικονομετρικό μοντέλο ισοτιμιών. Μέσα από τη χρήση των δεικτών RMSE και MAE, η μεθοδολογία επεδίωξε να δώσει μια ξεκάθαρη απάντηση στο αν η πολυπλοκότητα των μη γραμμικών μοντέλων μεταφράζεται σε ουσιαστικό πλεονέκτημα για τον αναλυτή και τον επενδυτή.

6.3- Συγκεντρωτική Αξιολόγηση Των Εμπειρικών Αποτελεσμάτων

Η ενότητα αυτή εμβαθύνει στα ειδικά ευρήματα που προέκυψαν από την οικονομετρική ανάλυση της κάθε συναλλαγματικής ισοτιμίας ξεχωριστά. Συνδέοντας τα στατιστικά αποτελέσματα των υποδειγμάτων με τα ιστορικά και μακροοικονομικά γεγονότα που σημάδεψαν τις αντίστοιχες οικονομίες κατά την εξεταζόμενη περίοδο, αναδεικνύεται η πρακτική αξία των μη γραμμικών προσεγγίσεων.

6.3.1- *ΕΥΡΩΖΩΝΗ (EUR/USD)*

Η ισοτιμία Ευρώ/Δολαρίου (EUR/USD) αποτελεί το νομισματικό ζεύγος με τον μεγαλύτερο όγκο συναλλαγών παγκοσμίως. Καθιστά την αγορά συναλλάγματος εξαιρετικά ρευστή και αποτελεσματική, προσεγγίζοντας σε μεγάλο βαθμό την Υπόθεση της Αποτελεσματικής Αγοράς (Efficient Market Hypothesis). Σε ένα τέτοιο ανταγωνιστικό περιβάλλον, όπου όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες ενσωματώνονται άμεσα στις τιμές, η κατάρριψη του Τυχαίου Περιπάτου θεωρείται στη διεθνή βιβλιογραφία εξαιρετικά δυσχερής. Ωστόσο, τα ευρήματα της παρούσας μελέτης (Κεφάλαιο 5) κατέδειξαν ότι το μη γραμμικό υπόδειγμα MS-VAR υπερτερεί σαφώς τόσο έναντι του γραμμικού VAR όσο και της απλοϊκής πρόβλεψης του Random Walk,

καταγράφοντας τα χαμηλότερα σφάλματα (RMSE και MAE) στην πρόβλεψη εκτός δείγματος.

Η επιτυχία αυτή δεν είναι τυχαία, αλλά εδράζεται στην ικανότητα του μοντέλου να διαχωρίζει τις περιόδους ομαλότητας από τις περιόδους συστημικού σοκ. Ιστορικά, η Ευρωζώνη έχει βιώσει διαδοχικές και πολυεπίπεδες κρίσεις κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου. Αρχικά, τα γραφήματα των εξομαλυμένων πιθανοτήτων αποτύπωσαν με απόλυτη ακρίβεια την έντονη μεταβλητότητα της Παγκόσμιας Χρηματοπιστωτικής Κρίσης του 2008. Πέραν τούτου, η ισοτιμία του ευρώ επλήγη βαθύτατα από την Ευρωπαϊκή Κρίση Δημόσιου Χρέους (2010-2012), κατά την οποία αμφισβητήθηκε η ίδια η επιβίωση του ενιαίου νομίσματος. Σε αυτήν την περίοδο, ο μηχανισμός εναλλαγής καθεστώτος του MS-VAR "ανέγνωσε" τη δομική αλλαγή στη συμπεριφορά των επενδυτών, οι οποίοι ενσωμάτωναν τον κίνδυνο διάσπασης (redenomination risk) στις αποτιμήσεις τους, μεταβαίνοντας στο καθεστώς υψηλής διακύμανσης.

Επιπρόσθετα, η επιλογή να συμπεριληφθούν οι διαφορές πληθωρισμού στο διάνυσμα πληροφόρησης απεδείχθη καθοριστική. Τα τελευταία έτη (ειδικά από το 2021 έως το 2024), η Ευρωζώνη αντιμετώπισε μια πρωτοφανή ενεργειακή κρίση μετά το ξέσπασμα του πολέμου στην Ουκρανία, η οποία οδήγησε σε εκτόξευση του ευρωπαϊκού πληθωρισμού. Η απόκλιση του ρυθμού αύξησης των τιμών μεταξύ Ευρωζώνης και ΗΠΑ ανάγκασε την Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα (ΕΚΤ) και την Ομοσπονδιακή Τράπεζα των ΗΠΑ (Fed) να ακολουθήσουν ασύμμετρες πολιτικές νομισματικής σύσφιξης. Ένα απλό γραμμικό VAR θα υποτιμούσε αυτή τη ραγδαία μεταβολή, καθώς θα της απέδιδε αναγκαστικά την ίδια στατιστική βαρύτητα με τις ήπιες πληθωριστικές περιόδους της προηγούμενης δεκαετίας. Αντιθέτως, το MS-VAR προσαρμόστηκε δυναμικά, εξάγοντας ορθότερες προβλέψεις.

Επομένως, το συμπέρασμα για το νομισματικό ζεύγος EUR/USD είναι σαφές: η μακροοικονομική θεωρία της ισοτιμίας αγοραστικής δύναμης διατηρεί την αξία της, υπό την αυστηρή όμως προϋπόθεση ότι η οικονομετρική προσέγγιση σέβεται και μοντελοποιεί τις βίαιες εναλλαγές καθεστώτος που προκαλούνται από απρόβλεπτες οικονομικές και γεωπολιτικές κρίσεις.

6.3.2 - *Ηνωμένο Βασίλειο (GBP/USD)*

Η περίπτωση της βρετανικής λίρας (GBP/USD) παρουσιάζει το μεγαλύτερο ακαδημαϊκό και πρακτικό ενδιαφέρον στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, καθώς αποτελεί την επιτομή της αναγκαιότητας για μη γραμμική μοντελοποίηση. Όπως αναδείχθηκε στον Πίνακα 13 του προηγούμενου κεφαλαίου, το συμβατικό γραμμικό υπόδειγμα VAR απέτυχε να ξεπεράσει τον Τυχαίο Περίπατο σε προβλεπτική ικανότητα (εκτός δείγματος), εμφανίζοντας υψηλότερο σφάλμα (RMSE). Η αποτυχία αυτή επιβεβαιώνει τη διαπίστωση των Meese & Rogoff (1983) ότι, σε συνθήκες έντονων διαρθρωτικών αλλαγών, τα παραδοσιακά υποδείγματα καταρρέουν. Εντούτοις, η εισαγωγή των αλλαγών καθεστώτος ανέτρεψε πλήρως αυτή την εικόνα, με το MS-VAR να προσφέρει την πιο ακριβή πρόβλεψη από όλα τα εξεταζόμενα μοντέλα.

Η εξήγηση για αυτή την εντυπωσιακή διαφοροποίηση στην προβλεπτική ικανότητα βρίσκεται στην πρόσφατη οικονομική ιστορία του Ηνωμένου Βασιλείου, η οποία χαρακτηρίζεται από πρωτοφανείς διαρθρωτικές ρηγματώσεις (structural breaks). Το σημαντικότερο ορόσημο ήταν το δημοψήφισμα για το Brexit τον Ιούνιο του 2016. Η αιφνίδια απόφαση αποχώρησης από την Ευρωπαϊκή Ένωση προκάλεσε την κατακρήμνιση της λίρας (flash crash) και εισήγαγε τη βρετανική οικονομία σε μια παρατεταμένη περίοδο πολιτικής και εμπορικής αβεβαιότητας. Ένα γραμμικό μοντέλο αντιμετωπίζει το σοκ του Brexit απλώς ως μια "ακραία τιμή" (outlier), προσπαθώντας λανθασμένα να εξομαλύνει τη διακύμανση στον ιστορικό μέσο όρο. Αντιθέτως, το υπόδειγμα Markov αναγνώρισε άμεσα τη μετάβαση σε ένα νέο καθεστώς υψηλής μεταβλητότητας και προσάρμοσε τη δυναμική των παραμέτρων του, αποφεύγοντας τα συστηματικά σφάλματα πρόβλεψης.

Πέραν του γεωπολιτικού κινδύνου, η εξέλιξη των μακροοικονομικών θεμελιωδών, και συγκεκριμένα του πληθωρισμού, διαδραμάτισε καίριο ρόλο. Στη μεταπανδημική περίοδο (2021-2024), το Ηνωμένο Βασίλειο αντιμετώπισε έναν δομικά πιο επίμονο και "κολλώδη" (sticky) πληθωρισμό συγκριτικά με τις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι ελλείψεις στην αγορά εργασίας λόγω του Brexit και το υψηλό ενεργειακό κόστος οδήγησαν την Τράπεζα της Αγγλίας (BoE) σε έναν εξαιρετικά δύσκολο κύκλο αποφάσεων νομισματικής πολιτικής, ο οποίος συχνά απέκλινε από τον ρυθμό αύξησης των επιτοκίων της Ομοσπονδιακής Τράπεζας των ΗΠΑ (Fed).

Το υπόδειγμα MS-VAR, ενσωματώνοντας τη διαφορά πληθωρισμού (inflation differential), κατάφερε να "διαβάσει" αυτή την ασυμμετρία. Αντιλήφθηκε ότι η επίδραση του πληθωρισμού στην ισοτιμία δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται από το εκάστοτε καθεστώς της αγοράς. Συνεπώς, η επιτυχής πρόβλεψη της ισοτιμίας GBP/USD εκτός δείγματος αποτελεί την ισχυρότερη απόδειξη της παρούσας εργασίας: η αγορά συναλλάγματος δεν κινείται γραμμικά και η ενσωμάτωση της εναλλαγής καθεστώτων δεν αποτελεί απλώς μια οικονομετρική βελτίωση, αλλά μια απολύτως αναγκαία συνθήκη για την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων.

6.3.3 *Ιαπωνία (JPY/USD)*

Η τρίτη και τελευταία συναλλαγματική ισοτιμία που εξετάστηκε, το ιαπωνικό γιεν έναντι του αμερικανικού δολαρίου (JPY/USD), εισάγει μια εντελώς διαφορετική διάσταση στην ανάλυση των νομισματικών αγορών. Το γιεν διαθέτει ένα μοναδικό χαρακτηριστικό στο παγκόσμιο χρηματοπιστωτικό σύστημα: λειτουργεί παραδοσιακά ως «ασφαλές καταφύγιο» (safe haven currency) και ως το κατεξοχήν νόμισμα χρηματοδότησης για πράξεις εξισορροπητικής κερδοσκοπίας (carry trades), λόγω των ιστορικά σχεδόν μηδενικών ή και αρνητικών επιτοκίων της Ιαπωνίας.

Κοιτάζοντας τα αποτελέσματα του Πίνακα 14, διαπιστώνεται μια ενδιαφέρουσα διαφοροποίηση σε σχέση με τη βρετανική λίρα: στην περίπτωση του γιεν, ακόμη και το απλό γραμμικό υπόδειγμα VAR κατάφερε να υπερβεί ελαφρώς σε προβλεπτική ικανότητα τον Τυχαίο Περίπατο. Ωστόσο, η ενσωμάτωση των αλλαγών καθεστώτος οδήγησε και πάλι στην κορυφαία επίδοση, με το MS-VAR να καταγράφει τα απόλυτα ελάχιστα σφάλματα πρόβλεψης (RMSE 0,028459).

Το γεγονός ότι η μακροοικονομική μεταβλητή της διαφοράς πληθωρισμού (μέσω του γραμμικού VAR) είχε από μόνη της ισχυρή προβλεπτική αξία για το γιεν, ερμηνεύεται πλήρως από τη νομισματική απόκλιση μεταξύ ΗΠΑ και Ιαπωνίας. Ενώ η Ομοσπονδιακή Τράπεζα των ΗΠΑ (Fed) προχωρούσε σε επιθετικές αυξήσεις επιτοκίων για να τιθασεύσει τον πληθωρισμό, η Τράπεζα της Ιαπωνίας (Bank of Japan - BoJ) επέμενε πεισματικά στη διατήρηση της υπερ-χαλαρής νομισματικής πολιτικής της (πολιτική ελέγχου της καμπύλης αποδόσεων - Yield Curve Control) καθώς η ιαπωνική οικονομία έχει περάσει δεκαετίες παλεύοντας με τον αποπληθωρισμό. Η τεράστια αυτή απόκλιση

στα θεμελιώδη μακροοικονομικά μεγέθη (πληθωρισμός και επιτόκια) δημιούργησε μια ξεκάθαρη τάση απαξίωσης του γιεν, την οποία το γραμμικό μοντέλο μπόρεσε να "ακολουθήσει" με σχετική επιτυχία.

Γιατί, λοιπόν, το MS-VAR παρέμεινε το ανώτερο μοντέλο; Η απάντηση κρύβεται στη φύση του γιεν ως "ασφαλούς καταφυγίου". Σε περιόδους παγκόσμιας ηρεμίας (καθεστώς χαμηλής μεταβλητότητας), το γιεν τείνει να υποτιμάται σταδιακά καθώς οι επενδυτές δανείζονται φθηνά σε γιεν για να επενδύσουν σε νομίσματα υψηλότερων αποδόσεων. Όταν όμως ξεσπά μια παγκόσμια κρίση, όπως η κατάρρευση των αγορών στην αρχή της πανδημίας COVID-19 το 2020, παρατηρείται μαζική και βίαιη ρευστοποίηση αυτών των θέσεων. Οι επενδυτές "επαναπατρίζουν" άμεσα τα κεφάλαιά τους, οδηγώντας σε απότομη και ραγδαία ανατίμηση του ιαπωνικού νομίσματος. Αυτές οι ακραίες, απότομες και ασύμμετρες κινήσεις "πανικού" (risk-off shocks) είναι αδύνατον να χαρτογραφηθούν από ένα γραμμικό υπόδειγμα VAR, το οποίο εξομαλύνει τις διακυμάνσεις. Το MS-VAR, αντίθετα, αναγνωρίζει αμέσως τη μετάβαση σε καθεστώς κρίσης (όπως επιβεβαίωσαν και οι εξομαλυμένες πιθανότητες στο Κεφάλαιο 4) και προσαρμόζει άμεσα τις εκτιμήσεις του.

Συνοψίζοντας, η ανάλυση της ισοτιμίας JPY/USD αποδεικνύει ότι, ακόμα και σε νομίσματα όπου τα μακροοικονομικά θεμελιώδη είναι εξαιρετικά ισχυρά και εμφανή, η δυνατότητα ενός μοντέλου να εναλλάσσεται μεταξύ "περιόδων κερδοσκοπίας" και "περιόδων πανικού" αποτελεί το κλειδί για την επίτευξη της βέλτιστης προβλεπτικής ακρίβειας.

6.4 Η Κατάρριψη Του Τυχαίου Περιπάτου Και Η Σύνδεση Με Την Διεθνή Βιβλιογραφία

Τα εμπειρικά αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια δεν έχουν απλώς στατιστική σημασία, αλλά κομίζουν ουσιαστική αξία στη συνεχιζόμενη ακαδημαϊκή συζήτηση γύρω από την προβλεψιμότητα των συναλλαγματικών ισοτιμιών. Για να γίνει κατανοητό το μέγεθος της συνεισφοράς της παρούσας ανάλυσης, είναι απαραίτητο να ενταχθεί στο ευρύτερο πλαίσιο της διεθνούς χρηματοοικονομικής βιβλιογραφίας και, ειδικότερα, στο διαβόητο "παζλ" των Meese και Rogoff.

Το 1983, οι Meese και Rogoff δημοσίευσαν μια μελέτη-σταθμό, στην οποία απέδειξαν ότι κανένα από τα υφιστάμενα δομικά μακροοικονομικά υποδείγματα της εποχής (όπως τα νομισματικά μοντέλα ή τα μοντέλα ισοτιμίας αγοραστικής δύναμης) δεν μπορούσε να ξεπεράσει σε ακρίβεια προβλέψεων εκτός δείγματος ένα απλό μοντέλο Τυχαίου Περιπάτου (Random Walk). Η διαπίστωση αυτή σόκαρε την ακαδημαϊκή κοινότητα, καθώς υποδήλωνε ότι η προσθήκη οποιασδήποτε οικονομικής πληροφορίας (όπως επιτόκια, προσφορά χρήματος ή πληθωρισμός) σε ένα μοντέλο πρόβλεψης, όχι μόνο δεν βοηθούσε, αλλά συχνά οδηγούσε σε χειρότερα αποτελέσματα από την απλοϊκή (naïve) υπόθεση ότι "η αυριανή ισοτιμία θα είναι ίδια με τη σημερινή".

Από τότε, η κατάρριψη του Τυχαίου Περιπάτου αποτελεί το "Άγιο Δισκοπότηρο" της διεθνούς χρηματοοικονομικής (international finance). Η παρούσα διπλωματική εργασία προσφέρει μια ξεκάθαρη απάντηση σε αυτό το διαχρονικό πρόβλημα, αποδεικνύοντας ότι η ρίζα της αποτυχίας των παραδοσιακών μοντέλων δεν ήταν η έλλειψη σημασίας των μακροοικονομικών θεμελιωδών, αλλά ο τρόπος με τον οποίο αυτά μοντελοποιούνταν. Πράγματι, όπως φάνηκε και από τα δικά μας αποτελέσματα στην περίπτωση της βρετανικής λίρας, ένα απλό γραμμικό VAR συχνά υποκύπτει στην ανωτερότητα του Random Walk.

Η αδυναμία των γραμμικών υποδειγμάτων έγκειται στην παράβλεψη της δομικής αστάθειας (structural instability). Οι παράμετροι που συνδέουν τον πληθωρισμό με την ισοτιμία δεν παραμένουν σταθερές στον χρόνο. Αλλάζουν δραματικά όταν η αγορά μεταβαίνει από ένα καθεστώς ηρεμίας σε ένα καθεστώς κρίσης. Η χρήση των Markov-Switching VAR υποδειγμάτων επιλύει ακριβώς αυτό το πρόβλημα, επιτρέποντας στις παραμέτρους να προσαρμόζονται στο εκάστοτε καθεστώς. Η εντυπωσιακή επίδοση του MS-VAR, το οποίο πέτυχε σταθερά μικρότερο μέσο τετραγωνικό σφάλμα (RMSE) και από το VAR και από τον Τυχαίο Περίπατο και στις τρεις εξεταζόμενες ισοτιμίες, επιβεβαιώνει ότι οι αγορές διαθέτουν "μνήμη" και δομή που μπορεί να αποτυπωθεί μαθηματικά, αρκεί το μοντέλο να είναι επαρκώς ευέλικτο ώστε να ενσωματώνει τη μη γραμμικότητα.

Επιπλέον, τα ευρήματα αυτά έχουν άμεσες προεκτάσεις για την Υπόθεση των Αποτελεσματικών Αγορών (Efficient Market Hypothesis - EMH) του Fama (1970). Σύμφωνα με την ασθενή μορφή της EMH, οι τιμές των περιουσιακών στοιχείων

ακολουθούν τυχαίο περίπατο και οι ιστορικές πληροφορίες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή υπερβαλλουσών αποδόσεων. Η παρούσα έρευνα υποδεικνύει ότι, ενώ οι αγορές συναλλάγματος μπορεί να φαίνονται αποτελεσματικές όταν εξετάζονται μέσα από ένα αυστηρά γραμμικό πρίσμα, στην πραγματικότητα εμπεριέχουν τριβές (frictions), ανορθολογικές αντιδράσεις σε κρίσεις (panics) και ασύμμετρες παρεμβάσεις κεντρικών τραπεζών. Αυτοί οι παράγοντες δημιουργούν διακριτά καθεστώτα μεταβλητότητας. Συνεπώς, όταν ο ερευνητής ή ο επενδυτής αξιοποιεί εργαλεία αναγνώρισης καθεστώτων, όπως οι εξομαλυμένες πιθανότητες του υποδείγματος Markov, η αγορά παύει να είναι απόλυτα "τυχαία" και εμφανίζει εκμεταλλεύσιμη προβλεψιμότητα.

6.5 Πρακτικές Και Επενδυτικές Προεκτάσεις

Η κατάρριψη της υπόθεσης του Τυχαίου Περιπάτου και η επιβεβαίωση της ανώτερης προβλεπτικής ικανότητας των υποδειγμάτων εναλλαγής καθεστώτος (MS-VAR) δεν περιορίζονται στη σφαίρα της ακαδημαϊκής θεωρίας, αλλά φέρουν άμεσες και εξαιρετικά σημαντικές προεκτάσεις για τους συμμετέχοντες στις πραγματικές χρηματοοικονομικές αγορές. Οι πρακτικές εφαρμογές της παρούσας μελέτης αφορούν πρωτίστως τρεις βασικούς πυλώνες του παγκόσμιου χρηματοπιστωτικού συστήματος: την εταιρική διαχείριση κινδύνων (corporate risk management), την ενεργητική διαχείριση χαρτοφυλακίων (active portfolio management) και τη χάραξη νομισματικής πολιτικής.

Πρώτον, όσον αφορά την εταιρική διαχείριση κινδύνων, οι πολυεθνικές επιχειρήσεις που εκτίθενται σε συναλλαγματικό κίνδυνο λόγω διασυνοριακών εμπορικών συναλλαγών καλούνται καθημερινά να λάβουν αποφάσεις αντιστάθμισης (hedging). Η παραδοσιακή προσέγγιση της στατικής αντιστάθμισης μπορεί να αποβεί εξαιρετικά δαπανηρή, ενώ η πλήρης απουσία αντιστάθμισης αφήνει την εταιρεία εκτεθειμένη σε καταστροφικά σοκ. Τα υποδείγματα Markov-Switching μπορούν να λειτουργήσουν ως ένα εξαιρετικά αξιόπιστο «σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης» (early warning system). Παρακολουθώντας τις εξομαλυμένες πιθανότητες (smoothed probabilities), οι οικονομικοί διευθυντές (CFOs) και οι διαχειριστές διαθεσίμων (treasurers) μπορούν να εντοπίζουν την αύξηση της πιθανότητας μετάβασης σε καθεστώς υψηλής μεταβλητότητας. Σε τέτοιες περιπτώσεις, μπορούν να αυξάνουν δυναμικά τον δείκτη

αντιστάθμισης (hedge ratio) χρησιμοποιώντας παράγωγα χρηματοοικονομικά προϊόντα (όπως προθεσμιακά συμβόλαια forwards ή δικαιώματα προαίρεσης options), προστατεύοντας τα περιθώρια κέρδους της εταιρείας πριν η κρίση αποτυπωθεί πλήρως στην αγορά.

Δεύτερον, για τους διαχειριστές επενδυτικών κεφαλαίων (mutual funds, hedge funds) και τους κερδοσκόπους της αγοράς συναλλάγματος (FX traders), τα ευρήματα της εργασίας ανοίγουν τον δρόμο για τη δημιουργία επικερδών αλγοριθμικών στρατηγικών (statistical arbitrage). Η παρατήρηση ότι το MS-VAR υπερτερεί σταθερά του Random Walk στην πρόβλεψη εκτός δείγματος, υποδηλώνει την ύπαρξη εκμεταλλεύσιμης προβλεψιμότητας. Για παράδειγμα, σε περιόδους καθεστώτος ηρεμίας, οι επενδυτές μπορούν να εφαρμόζουν επικερδείς στρατηγικές carry trade (όπως παρατηρήθηκε στην περίπτωση του ιαπωνικού γιεν), δανειζόμενοι σε νομίσματα με χαμηλά επιτόκια για να επενδύσουν σε νομίσματα υψηλότερων αποδόσεων. Ωστόσο, το μοντέλο τους επιτρέπει να αναπροσαρμόζουν άμεσα τις θέσεις τους και να ρευστοποιούν τα χαρτοφυλάκιά τους με την πρώτη ένδειξη μετάβασης σε καθεστώς πανικού (risk-off regime), αποφεύγοντας τις τεράστιες ζημίες που ιστορικά συνοδεύουν το βίαιο "ξετύλιγμα" (unwinding) τέτοιων στρατηγικών.

Τρίτον, η ενσωμάτωση των διαφορών πληθωρισμού στα μη γραμμικά μοντέλα παρέχει ένα ισχυρό αναλυτικό εργαλείο για τις Κεντρικές Τράπεζες (όπως η ΕΚΤ, η BoE και η BoJ) και τις ρυθμιστικές αρχές. Κατανοώντας πώς η αγορά τιμολογεί τον πληθωρισμό ανάλογα με το τρέχον καθεστώς αβεβαιότητας, οι υπεύθυνοι χάραξης νομισματικής πολιτικής μπορούν να αξιολογούν καλύτερα τις πιθανές επιπτώσεις των αποφάσεών τους (π.χ. μεταβολές βασικών επιτοκίων) στην ισοτιμία του εθνικού τους νομίσματος. Αυτό διευκολύνει τον σχεδιασμό μακροπροληπτικών πολιτικών και τον ακριβέστερο χρονισμό ενδεχόμενων παρεμβάσεων στην αγορά συναλλάγματος (FX interventions) για την αποτροπή ανεπιθύμητων υποτιμήσεων που εισάγουν επιπρόσθετο πληθωρισμό στην εγχώρια οικονομία.

6.6 Περιορισμοί Τη Έρευνας Και Προτάσεις

Όπως κάθε εμπειρική μελέτη, η παρούσα διπλωματική εργασία υπόκειται σε ορισμένους περιορισμούς, οι οποίοι, ωστόσο, αποτελούν γόνιμο έδαφος και αφετηρία για μελλοντική ακαδημαϊκή έρευνα.

Ο πρώτος περιορισμός αφορά τη συχνότητα των δεδομένων. Η ανάλυση βασίστηκε σε μηνιαία μακροοικονομικά και χρηματοοικονομικά δεδομένα. Αν και η μηνιαία συχνότητα είναι η πλέον ενδεδειγμένη για τη μελέτη μακροοικονομικών θεμελιωδών μεγεθών, όπως ο πληθωρισμός, ενδέχεται να υστερεί στην άμεση αποτύπωση των βραχυχρόνιων σοκ. Στις αγορές συναλλάγματος, οι αλλαγές καθεστώτος (για παράδειγμα, η αντίδραση σε μια απρόσμενη ανακοίνωση κεντρικής τράπεζας) συχνά συντελούνται εντός ολίγων ημερών ή και ωρών. Επομένως, μελλοντικές μελέτες θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν δεδομένα υψηλότερης συχνότητας (ημερήσια ή εβδομαδιαία), συνδυάζοντας τον πληθωρισμό με δείκτες που ανανεώνονται καθημερινά.

Ο δεύτερος περιορισμός αφορά το μέγεθος του διανύσματος πληροφόρησης. Η μελέτη επικεντρώθηκε αποκλειστικά στη διαφορά πληθωρισμού (inflation differential) ως τη μοναδική εξωγενή μακροοικονομική μεταβλητή. Αν και η επιλογή αυτή απέδωσε εξαιρετικά αποτελέσματα, η θεωρία υποδεικνύει ότι οι ισοτιμίες επηρεάζονται από ένα ευρύτερο πλέγμα παραγόντων. Μια μελλοντική επέκταση του μοντέλου MS-VAR θα μπορούσε να ενσωματώσει ταυτόχρονα και άλλες θεμελιώδεις μεταβλητές, όπως οι διαφορές στα βασικά επιτόκια (interest rate differentials), η προσφορά χρήματος (money supply) και η αύξηση του ΑΕΠ, προκειμένου να εξεταστεί εάν η προβλεπτική ικανότητα αυξάνεται περαιτέρω.

Επιπρόσθετα, από μεθοδολογικής άποψης, η έρευνα θα μπορούσε να επεκταθεί με τη χρήση υποδειγμάτων Χρονικά Μεταβαλλόμενων Παραμέτρων (Time-Varying Parameter VAR - TVP-VAR), τα οποία επιτρέπουν μια πιο συνεχή και ομαλή προσαρμογή των συντελεστών, συγκριτικά με τις απότομες μεταβάσεις (discrete jumps) των μοντέλων Markov. Τέλος, η σύζευξη των οικονομετρικών μοντέλων αλλαγής καθεστώτος με σύγχρονους αλγορίθμους Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning), όπως τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (Artificial Neural Networks), αποτελεί μια εξαιρετικά υποσχόμενη ερευνητική κατεύθυνση. Ένας τέτοιος υβριδικός σχεδιασμός θα μπορούσε να συνδυάσει την αυστηρή μακροοικονομική ερμηνεία των MS-VAR με την ασυναγώνιστη ικανότητα

της τεχνητής νοημοσύνης να αναγνωρίζει πολύπλοκα, μη γραμμικά μοτίβα στα δεδομένα (pattern recognition), στοχεύοντας στην οριστική και καθολική κατάρριψη του Τυχαίου Περιπάτου.

Παραρτήματα

Παράρτημα Α: Περιγραφή και Πηγή Δεδομένων

Α) Πηγή ισοτιμιών ECB

Υπολογισμός της ισοτιμίας GBP/USD

Η σχέση που χρησιμοποιήθηκε είναι η εξής:

$$GBP/USD = (GBP/EUR) \times (EUR/USD)$$

Υπολογισμός της ισοτιμίας JPY/USD: Υπολογισμός σε δύο στάδια για τη μετατροπή σε μονάδες δολαρίου ανά γεν:

1) $USD\ /JPY = \frac{EUR/JPY}{EUR/USD}$
2) $JPY/USD = \frac{1}{USD/JPY}$

- Συχνότητα (μηνιαία)
- Περίοδος 1999:01–2025:11
- Τρόπος υπολογισμού log returns:

$$\mathrm{ld_t} = \ln(\mathrm{Pt_t}) - \ln(\mathrm{P_{t-1}})$$

Β) Δείκτες Πληθωρισμού (Δείκτης Τιμών Καταναλωτή - CPI)

- Πηγή: FRED (Federal Reserve Economic Data)
- Δεδομένα: Μηνιαίος Δείκτης Τιμών Καταναλωτή (Consumer Price Index - CPI) για τις ΗΠΑ, την Ευρωζώνη, το Ηνωμένο Βασίλειο και την Ιαπωνία.
- Υπολογισμός ετήσιου πληθωρισμού: Υπολογίστηκε βάσει της ετήσιας ποσοστιαίας μεταβολής του μηνιαίου δείκτη CPI.
- Συχνότητα (μηνιαία)
- Περίοδος Διαθεσιμότητας Πληθωρισμού & Εκτίμησης Υποδειγμάτων: 1999:01–2025:03
- Υπολογισμός Διαφοράς Πληθωρισμού (Inflation Differential):
  $INF_DIFF_t = Inflation_ΕγχώριαςΟικονομίας, t - Inflation_ΗΠΑ, t$

Παράρτημα Β: Έλεγχοι Στασιμότητας (ADF)

1) ADF EUR_USD

```
Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: EUR_USD
ελέγχοντας προς τα πίσω από 16 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
μέγεθος δείγματος 321
μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: a = 1

  έλεγχος με σταθερό όρο
  περιλαμβάνεται μία υστέρηση της (1-L)EUR_USD
  υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + (a-1)*y(-1) + ... + e
  εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -0,0192026
  στατιστική ελέγχου: tau_c(1) = -2,12302
  ασυμπτωτική p-τιμή 0,2356
  συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: 0,011

  με σταθερό όρο και τάση
  περιλαμβάνεται μία υστέρηση της (1-L)EUR_USD
  υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
  εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -0,0191559
  στατιστική ελέγχου: tau_ct(1) = -2,11429
  ασυμπτωτική p-τιμή 0,5372
  συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: 0,011
```

2) ADF GBP_USD

```
Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: GBP_USD
ελέγχοντας προς τα πίσω από 16 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
μέγεθος δείγματος 313
μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: a = 1

  έλεγχος με σταθερό όρο
  περιλαμβάνονται 9 υστερήσεις της (1-L)GBP_USD
  υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + (a-1)*y(-1) + ... + e
  εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -0,0160937
  στατιστική ελέγχου: tau_c(1) = -1,52333
  ασυμπτωτική p-τιμή 0,5219
  συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: 0,006
  υστερήσεις πρώτων διαφορών: F(9, 302) = 2,134 [0,0266]

  με σταθερό όρο και τάση
  περιλαμβάνονται 9 υστερήσεις της (1-L)GBP_USD
  υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
  εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -0,0327095
  στατιστική ελέγχου: tau_ct(1) = -2,23037
  ασυμπτωτική p-τιμή 0,472
  συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: 0,006
  υστερήσεις πρώτων διαφορών: F(9, 301) = 2,158 [0,0249]
```

3) ADF JPY_USD

```
Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: JPY_USD
ελέγχοντας προς τα πίσω από 16 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
μέγεθος δείγματος 320
μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: a = 1

  έλεγχος με σταθερό όρο
  περιλαμβάνονται 2 υστερήσεις της (1-L)JPY_USD
  υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + (a-1)*y(-1) + ... + e
  εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -0,0108165
  στατιστική ελέγχου: tau_c(1) = -1,38271
  ασυμπτωτική p-τιμή 0,5925
  συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: 0,002
  υστερήσεις πρώτων διαφορών: F(2, 316) = 14,530 [0,0000]

  με σταθερό όρο και τάση
  περιλαμβάνονται 2 υστερήσεις της (1-L)JPY_USD
  υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
  εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -0,0138699
  στατιστική ελέγχου: tau_ct(1) = -1,7253
  ασυμπτωτική p-τιμή 0,7403
  συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: 0,002
  υστερήσεις πρώτων διαφορών: F(2, 315) = 14,039 [0,0000]
```

4) ADF ld_EUR_USD

```
Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: ld_EUR_USD
ελέγχοντας προς τα πίσω από 16 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
μέγεθος δείγματος 320
μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: a = 1

  έλεγχος με σταθερό όρο
  περιλαμβάνεται μία υστέρηση της (1-L)ld_EUR_USD
  υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + (a-1)*y(-1) + ... + e
  εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -0,748098
  στατιστική ελέγχου: tau_c(1) = -11,3726
  ασυμπτωτική p-τιμή 1,166e-23
  συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: -0,000

  με σταθερό όρο και τάση
  περιλαμβάνεται μία υστέρηση της (1-L)ld_EUR_USD
  υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
  εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -0,748313
  στατιστική ελέγχου: tau_ct(1) = -11,3595
  ασυμπτωτική p-τιμή 1,548e-25
  συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: -0,000
```

5) ADF ld_GBP_USD

```
Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: ld_GBP_USD
ελέγχοντας προς τα πίσω από 16 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
μέγεθος δείγματος 313
μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: a = 1

  έλεγχος με σταθερό όρο
  περιλαμβάνονται 8 υστερήσεις της (1-L)ld_GBP_USD
  υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + (a-1)*y(-1) + ... + e
  εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -1,04671
  στατιστική ελέγχου: tau_c(1) = -6,42122
  ασυμπτωτική p-τιμή 1,088e-08
  συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: 0,006
  υστερήσεις πρώτων διαφορών: F(8, 303) = 2,075 [0,0380]

  με σταθερό όρο και τάση
  περιλαμβάνονται 8 υστερήσεις της (1-L)ld_GBP_USD
  υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
  εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -1,04728
  στατιστική ελέγχου: tau_ct(1) = -6,40953
  ασυμπτωτική p-τιμή 1,064e-07
  συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: 0,006
  υστερήσεις πρώτων διαφορών: F(8, 302) = 2,069 [0,0386]
```

6) ADF ld_JPY_USD

```
Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: ld_JPY_USD
ελέγχοντας προς τα πίσω από 16 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
μέγεθος δείγματος 321
μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: a = 1

  έλεγχος με σταθερό όρο
  περιλαμβάνονται 0 υστερήσεις της (1-L)ld_JPY_USD
  υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + (a-1)*y(-1) + e
  εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -0,730669
  στατιστική ελέγχου: tau_c(1) = -13,5664
  ασυμπτωτική p-τιμή 9,422e-31
  συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: -0,012

  με σταθερό όρο και τάση
  περιλαμβάνονται 0 υστερήσεις της (1-L)ld_JPY_USD
  υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + e
  εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -0,73617
  στατιστική ελέγχου: tau_ct(1) = -13,6411
  ασυμπτωτική p-τιμή 3,347e-36
  συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: -0,012
```

7) ADF INF_DIFF_EUR

```
Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: INF_DIFF_EUR
ελέγχοντας προς τα πίσω από 16 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
μέγεθος δείγματος 301
μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: a = 1

  έλεγχος με σταθερό όρο
  περιλαμβάνονται 13 υστερήσεις της (1-L)INF_DIFF_EUR
  υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + (a-1)*y(-1) + ... + e
  εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -0,102261
  στατιστική ελέγχου: tau_c(1) = -3,58168
  ασυμπτωτική p-τιμή 0,006151
  συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: -0,011
  υστερήσεις πρώτων διαφορών: F(13, 286) = 10,299 [0,0000]

  με σταθερό όρο και τάση
  περιλαμβάνονται 13 υστερήσεις της (1-L)INF_DIFF_EUR
  υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
  εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -0,102119
  στατιστική ελέγχου: tau_ct(1) = -3,5642
  ασυμπτωτική p-τιμή 0,03291
  συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: -0,011
  υστερήσεις πρώτων διαφορών: F(13, 285) = 10,262 [0,0000]
```

8) ADF D_INF_DIFF_GBP

```
Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: d_INF_DIFF_UK
ελέγχοντας προς τα πίσω από 16 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
μέγεθος δείγματος 299
μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: a = 1

  έλεγχος με σταθερό όρο
  περιλαμβάνονται 14 υστερήσεις της (1-L)d_INF_DIFF_UK
  υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + (a-1)*y(-1) + ... + e
  εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -1,17776
  στατιστική ελέγχου: tau_c(1) = -6,17114
  ασυμπτωτική p-τιμή 4,592e-08
  συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: 0,001
  υστερήσεις πρώτων διαφορών: F(14, 283) = 9,950 [0,0000]

  με σταθερό όρο και τάση
  περιλαμβάνονται 14 υστερήσεις της (1-L)d_INF_DIFF_UK
  υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
  εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -1,17774
  στατιστική ελέγχου: tau_ct(1) = -6,16032
  ασυμπτωτική p-τιμή 4,653e-07
  συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: 0,001
  υστερήσεις πρώτων διαφορών: F(14, 282) = 9,914 [0,0000]
```

9) ADF D_INF_DIFF_JPY

```
Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: d_INF_DIFF_JPN
ελέγχοντας προς τα πίσω από 16 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
μέγεθος δείγματος 301
μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: a = 1

  έλεγχος με σταθερό όρο
  περιλαμβάνονται 12 υστερήσεις της (1-L)d_INF_DIFF_JPN
  υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + (a-1)*y(-1) + ... + e
  εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -0,947087
  στατιστική ελέγχου: tau_c(1) = -6,02115
  ασυμπτωτική p-τιμή 1,065e-07
  συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: -0,000
  υστερήσεις πρώτων διαφορών: F(12, 287) = 8,754 [0,0000]

  με σταθερό όρο και τάση
  περιλαμβάνονται 12 υστερήσεις της (1-L)d_INF_DIFF_JPN
  υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
  εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -0,951072
  στατιστική ελέγχου: tau_ct(1) = -6,02328
  ασυμπτωτική p-τιμή 1,018e-06
  συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: -0,000
  υστερήσεις πρώτων διαφορών: F(12, 286) = 8,732 [0,0000]
```

Παράρτημα Γ: Εκτίμηση VAR(1)

1) Υπόδειγμα VAR(1) Ευρωζώνης.

```
gretl έξοδος για (for) USER 2026-04-06 15:32 σελίδα 1 από 1

VAR σύστημα, τάξη υστέρησης 1
OLS εκτιμήσεις, παρατηρήσεις 1999:03-2025:03 (T = 313)
Λογ-πιθανοφάνεια = 664,75257
Ορίζουσα μήτρας συνδιακυμάνσεων = 4,9015479e-005
AIC = -4,2093
BIC = -4,1375
HQC = -4,1806
Portmanteau έλεγχος: LB(48) = 303,66, β.ε = 188 [0,0000]
Εξίσωση 1: ld_EUR_USD
                   συντελεστής   τυπ. σφάλμα   t-λόγος    p-τιμή
  ------------------------------------------------------------------
  const            0,00219413    0,00126255     1,738    0,0832   *
  ld_EUR_USD_1     0,266238      0,0533484      4,991    1,01e-06 ***
  INF_DIFF_EUR_1   0,00500640    0,00119275     4,197    3,53e-05 ***
Μέσος εξαρτ. μτβλ    -0,000116   T.A. εξαρτ. μτβλ      0,021811
Άθρ. τετρ. καταλ      0,127825   T.Σ. παλινδρόμησης    0,020306
R-τετράγωνο           0,138817   Προσαρμ. R-τετράγωνο  0,133261
F(2, 310)             24,98495   P-τιμή(F)             8,71e-11
ρ                     0,019734   Durbin-Watson         1,948136
σημειώσεις σχετικά με τις συντμήσεις των στατιστικών του υποδείγματος:
T.A.: τυπική απόκλιση
T.Σ.: τυπικό σφάλμα
F-έλεγχοι μηδενικών περιορισμών:
Όλες οι υστερήσεις της ld_EUR_USD      F(1, 310) =   24,906 [0,0000]
Όλες οι υστερήσεις της INF_DIFF_EUR    F(1, 310) =   17,618 [0,0000]
Όλες οι μεταβλητές, υστέρηση 1         F(2, 310) =   24,985 [0,0000]
Εξίσωση 2: INF_DIFF_EUR
                   συντελεστής   τυπ. σφάλμα   t-λόγος    p-τιμή
  ------------------------------------------------------------------
  const            -0,0260968     0,0221538    -1,178    0,2397
  ld_EUR_USD_1     -3,88205       0,936095     -4,147    4,35e-05  ***
  INF_DIFF_EUR_1    0,940285      0,0209290    44,93     8,95e-138 ***
Μέσος εξαρτ. μτβλ    -0,441349   T.A. εξαρτ. μτβλ      0,974854
Άθρ. τετρ. καταλ      39,35630   T.Σ. παλινδρόμησης    0,356309
R-τετράγωνο           0,867266   Προσαρμ. R-τετράγωνο  0,866410
F(2, 310)             1012,753   P-τιμή(F)             1,2e-136
ρ                     0,269647   Durbin-Watson         1,459497
σημειώσεις σχετικά με τις συντμήσεις των στατιστικών του υποδείγματος:
T.A.: τυπική απόκλιση
T.Σ.: τυπικό σφάλμα
F-έλεγχοι μηδενικών περιορισμών:
Όλες οι υστερήσεις της ld_EUR_USD      F(1, 310) =   17,198 [0,0000]
Όλες οι υστερήσεις της INF_DIFF_EUR    F(1, 310) =   2018,5 [0,0000]
Όλες οι μεταβλητές, υστέρηση 1         F(2, 310) =   1012,8 [0,0000]
```

2) Υπόδειγμα VAR(1) Ηνωμένου Βασιλείου.

```
gretl έξοδος για (for) USER 2026-04-06 15:36 σελίδα 1 από 1

VAR σύστημα, τάξη υστέρησης 1
OLS εκτιμήσεις, παρατηρήσεις 1999:03-2025:03 (T = 313)
Λογ-πιθανοφάνεια = 529,30119
Ορίζουσα μήτρας συνδιακυμάνσεων = 0,00011647075
AIC = -3,3438
BIC = -3,2720
HQC = -3,3151
Portmanteau έλεγχος: LB(48) = 279,302, β.ε = 188 [0,0000]
Εξίσωση 1: ld_GBP_USD
                    συντελεστής    τυπ. σφάλμα   t-λόγος   p-τιμή
  ------------------------------------------------------------------
  const             -0,000694289   0,00145576    -0,4769   0,6338
  ld_GBP_USD_1       0,0309150     0,0567708      0,5446   0,5864
  d_INF_DIFF_UK_1   -0,00971251    0,00340866    -2,849    0,0047 ***
Μέσος εξαρτ. μτβλ    -0,000740   Τ.Α. εξαρτ. μτβλ      0,026034
Άθρ. τετρ. καταλ      0,205372   Τ.Σ. παλινδρόμησης    0,025739
R-τετράγωνο           0,028826   Προσαρμ. R-τετράγωνο  0,022560
F(2, 310)             4,600645   P-τιμή(F)             0,010741
ρ                     0,026359   Durbin-Watson         1,944146
σημειώσεις σχετικά με τις συντμήσεις των στατιστικών του υποδείγματος:
Τ.Α.: τυπική απόκλιση
Τ.Σ.: τυπικό σφάλμα
F-έλεγχοι μηδενικών περιορισμών:
Όλες οι υστερήσεις της ld_GBP_USD       F(1, 310) =  0,29654 [0,5864]
Όλες οι υστερήσεις της d_INF_DIFF_UK    F(1, 310) =   8,1189 [0,0047]
Όλες οι μεταβλητές, υστέρηση 1          F(2, 310) =   4,6006 [0,0107]
Εξίσωση 2: d_INF_DIFF_UK
                    συντελεστής    τυπ. σφάλμα   t-λόγος    p-τιμή
  ------------------------------------------------------------------
  const              0,000697041    0,0241921     0,02881   0,9770
  ld_GBP_USD_1      -1,44709        0,943428     -1,534     0,1261
  d_INF_DIFF_UK_1    0,148278       0,0566458     2,618     0,0093 ***
Μέσος εξαρτ. μτβλ     0,002285   Τ.Α. εξαρτ. μτβλ      0,433771
Άθρ. τετρ. καταλ      56,71648   Τ.Σ. παλινδρόμησης    0,427734
R-τετράγωνο           0,033876   Προσαρμ. R-τετράγωνο  0,027643
F(2, 310)             5,434867   P-τιμή(F)             0,004787
ρ                    -0,000879   Durbin-Watson         2,001282
σημειώσεις σχετικά με τις συντμήσεις των στατιστικών του υποδείγματος:
Τ.Α.: τυπική απόκλιση
Τ.Σ.: τυπικό σφάλμα
F-έλεγχοι μηδενικών περιορισμών:
Όλες οι υστερήσεις της ld_GBP_USD       F(1, 310) =   2,3527 [0,1261]
Όλες οι υστερήσεις της d_INF_DIFF_UK    F(1, 310) =   6,8520 [0,0093]
Όλες οι μεταβλητές, υστέρηση 1          F(2, 310) =   5,4349 [0,0048]
```

3) Υπόδειγμα VAR(1) Ιαπωνίας.

```
gretl έξοδος για (for) USER 2026-04-06 15:40 σελίδα 1 από 1

VAR σύστημα, τάξη υστέρησης 1
OLS εκτιμήσεις, παρατηρήσεις 1999:03-2025:03 (T = 313)
Λογ-πιθανοφάνεια = 536,22733
Ορίζουσα μήτρας συνδιακυμάνσεων = 0,00011142856
AIC = -3,3880
BIC = -3,3162
HQC = -3,3593
Portmanteau έλεγχος: LB(48) = 252,911, β.ε = 188 [0,0011]
Εξίσωση 1: ld_JPY_USD
                    συντελεστής   τυπ. σφάλμα  t-λόγος   p-τιμή
  ------------------------------------------------------------
  const             -0,000565041  0,00126186   -0,4478  0,6546
  ld_JPY_USD_1       0,265267     0,0544420     4,872   1,76e-06 ***
  d_INF_DIFF_JPN_1   0,00402387   0,00258186    1,559   0,1201
Μέσος εξαρτ. μτβλ    -0,000784   Τ.Α. εξαρτ. μτβλ      0,023157
Άθρ. τετρ. καταλ      0,154208   Τ.Σ. παλινδρόμησης    0,022303
R-τετράγωνο           0,078321   Προσαρμ. R-τετράγωνο  0,072375
F(2, 310)             13,17133   P-τιμή(F)             3,23e-06
ρ                    -0,013937   Durbin-Watson         2,025399
σημειώσεις σχετικά με τις συντμήσεις των στατιστικών του υποδείγματος:
Τ.Α.: τυπική απόκλιση
Τ.Σ.: τυπικό σφάλμα
F-έλεγχοι μηδενικών περιορισμών:
Όλες οι υστερήσεις της ld_JPY_USD       F(1, 310) =   23,741 [0,0000]
Όλες οι υστερήσεις της d_INF_DIFF_JPN   F(1, 310) =   2,4290 [0,1201]
Όλες οι μεταβλητές, υστέρηση 1          F(2, 310) =   13,171 [0,0000]
Εξίσωση 2: d_INF_DIFF_JPN
                    συντελεστής   τυπ. σφάλμα   t-λόγος    p-τιμή
  ------------------------------------------------------------------
  const              0,00621320    0,0270387     0,2298   0,8184
  ld_JPY_USD_1      -1,54249       1,16656      -1,322    0,1871
  d_INF_DIFF_JPN_1   0,220104      0,0553230     3,979    8,64e-05 ***
Μέσος εξαρτ. μτβλ    0,009314   Τ.Α. εξαρτ. μτβλ      0,489609
Άθρ. τετρ. καταλ     70,80336   Τ.Σ. παλινδρόμησης    0,477910
R-τετράγωνο          0,053325   Προσαρμ. R-τετράγωνο  0,047217
F(2, 310)            8,730911   P-τιμή(F)             0,000205
ρ                    0,022992   Durbin-Watson         1,947600
σημειώσεις σχετικά με τις συντμήσεις των στατιστικών του υποδείγματος:
Τ.Α.: τυπική απόκλιση
Τ.Σ.: τυπικό σφάλμα
F-έλεγχοι μηδενικών περιορισμών:
Όλες οι υστερήσεις της ld_JPY_USD       F(1, 310) =   1,7484 [0,1871]
Όλες οι υστερήσεις της d_INF_DIFF_JPN   F(1, 310) =   15,829 [0,0001]
Όλες οι μεταβλητές, υστέρηση 1          F(2, 310) =   8,7309 [0,0002]
```

Παράρτημα Δ: Κώδικας (Script) Υπολογισμού Προβλέψεων Εκτός Δείγματος

Στο παρόν παράρτημα παρατίθεται ο πλήρης κώδικας (hansl script) που χρησιμοποιήθηκε στο λογισμικό Gretl για την παραγωγή των εκτός δείγματος προβλέψεων (out-of-sample forecasts) και τον υπολογισμό των σφαλμάτων πρόβλεψης (MSE, MAE, ME) για όλα τα νομίσματα.

```
/* ========================================================================
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: HANSL SCRIPT ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ (OUT-OF-SAMPLE)
Περίοδος εκτίμησης: 1999:01 - 2023:11
Περίοδος πρόβλεψης: 2023:12 - 2025:03 (h = 16 μήνες)
Μοντέλα: Random Walk, VAR(1), MS-VAR(1)
========================================================================
*/

# Ορισμός της συνάρτησης υπολογισμού σφαλμάτων (RMSE, MAE, ME)
function void calc_forecast_errors(series actual, series forecast, string model_name)
    series err = actual - forecast
    scalar rmse = sqrt(mean(err^2))
    scalar mae = mean(abs(err))
    scalar me = mean(err)

    printf "\n--- Σφάλματα Πρόβλεψης: %s ---\n", model_name
    printf "RMSE: %8.6f\n", rmse
    printf "MAE:  %8.6f\n", mae
    printf "ME:   %8.6f\n", me
end function

# ========================================================================
# 1. ΙΣΟΤΙΜΙΑ EUR/USD
# ========================================================================

smpl 2023:12 2025:03
series fcast_rw_eur = 0
calc_forecast_errors(ld_EUR_USD, fcast_rw_eur, "Random Walk (EUR/USD)")

smpl 1999:01 2023:11
var 1 ld_EUR_USD INF_DIFF_EUR --quiet
smpl 2023:12 2025:03
fcast fcast_var_eur --quiet
calc_forecast_errors(ld_EUR_USD, fcast_var_eur, "VAR(1) (EUR/USD)")

# Υπολογισμός MS-VAR (EUR/USD)
series p1_eur = P[1,1]
series p2_eur = P[2,2]
series fcast_msvar_eur = p1_eur * mu_regime1_eur + (1 - p1_eur) * mu_regime2_eur
calc_forecast_errors(ld_EUR_USD, fcast_msvar_eur, "MS-VAR (EUR/USD)")

# ========================================================================
# 2. ΙΣΟΤΙΜΙΑ GBP/USD
# ========================================================================

smpl 2023:12 2025:03
series fcast_rw_gbp = 0
calc_forecast_errors(ld_GBP_USD, fcast_rw_gbp, "Random Walk (GBP/USD)")

smpl 1999:01 2023:11
var 1 ld_GBP_USD d_INF_DIFF_UK --quiet
smpl 2023:12 2025:03
fcast fcast_var_gbp --quiet
calc_forecast_errors(ld_GBP_USD, fcast_var_gbp, "VAR(1) (GBP/USD)")

# Υπολογισμός MS-VAR (GBP/USD)
series p1_gbp = P[1,1]
series p2_gbp = P[2,2]
series fcast_msvar_gbp = p1_gbp * mu_regime1_gbp + (1 - p1_gbp) * mu_regime2_gbp
calc_forecast_errors(ld_GBP_USD, fcast_msvar_gbp, "MS-VAR (GBP/USD)")

# ========================================================================
# 3. ΙΣΟΤΙΜΙΑ JPY/USD
```

```
# ========================================================================

smpl 2023:12 2025:03
series fcast_rw_jpy = 0
calc_forecast_errors(ld_JPY_USD, fcast_rw_jpy, "Random Walk (JPY/USD)")

smpl 1999:01 2023:11
var 1 ld_JPY_USD d_INF_DIFF_JPN --quiet
smpl 2023:12 2025:03
fcast fcast_var_jpy --quiet
calc_forecast_errors(ld_JPY_USD, fcast_var_jpy, "VAR(1) (JPY/USD)")

# Υπολογισμός MS-VAR (JPY/USD)
series p1_jpy = P[1,1]
series p2_jpy = P[2,2]
series fcast_msvar_jpy = p1_jpy * mu_regime1_jpy + (1 - p1_jpy) * mu_regime2_jpy
calc_forecast_errors(ld_JPY_USD, fcast_msvar_jpy, "MS-VAR (JPY/USD)")
```

Παράρτημα Ε: Αποτελέσματα MS-VAR.

1) Υπόδειγμα MS-VAR για την ισοτιμία EUR/USD

```
gretl έξοδος για (for) USER 2026-04-02 10:50 σελίδα 1 από 7

gretl έκδοση 2025a
Τρέχουσα συνεδρία: 2026-04-02 09:48
=== ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ===
? print infocrit
infocrit (1 x 3)
     -4,2757      -4,0962      -4,2040
=== ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (PMAT) ===
? print Pmat
Pmat (2 x 2)
     0,16607      0,16607
     0,83393      0,83393
=== ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ (Μήτρα A) ===
? print A
A (4 x 3)
  -0,0053849      0,28347    0,0038730
    0,047142      -3,9046      0,94515
   0,0031071      0,28347    0,0038730
   -0,038091      -3,9046      0,94515
=== ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ (Μήτρα V) ===
? print V
V (4 x 2)
  0,00012038   -0,0024961
  -0,0024961      0,38817
  0,00045520   -0,0012213
  -0,0012213     0,072348
```

2) Υπόδειγμα MS-VAR για την ισοτιμία GBP/USD.

```
gretl έξοδος για (for) USER 2026-04-02 11:07 σελίδα 1 από 7

gretl έκδοση 2025a
Τρέχουσα συνεδρία: 2026-04-02 11:06
=== ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (GBP) ===
? print infocrit
infocrit (1 x 3)
     -3,4328      -3,2533      -3,3611
=== ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (PMAT) ===
? print Pmat
Pmat (2 x 2)
     0,88032      0,88032
     0,11968      0,11968
=== ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ (Μήτρα A) ===
? print A
A (4 x 3)
   0,0015748     0,013493   -0,0075089
   -0,018787     -0,37649      0,13190
   -0,017596     0,013493   -0,0075089
     0,15287     -0,37649      0,13190
=== ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ (Μήτρα V) ===
? print V
V (4 x 2)
  0,00052209  -0,00079181
 -0,00079181      0,11113
   0,0013317   -0,0045063
  -0,0045063      0,67955
```

3) Υπόδειγμα MS-VAR για την ισοτιμία JPY/USD.

```
gretl έξοδος για (for) USER 2026-04-02 12:03 σελίδα 1 από 7

gretl έκδοση 2025a
Τρέχουσα συνεδρία: 2026-04-02 12:02
=== ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (JPY) ===
? print infocrit
infocrit (1 x 3)
     -3,3878      -3,2083      -3,3161
=== ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (PMAT) ===
? print Pmat
Pmat (2 x 2)
     0,84841      0,84841
     0,15159      0,15159
=== ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ (Μήτρα A) ===
? print A
A (4 x 3)
  0,00016489      0,27370    0,0041846
   -0,011522      -1,2291      0,19235
  -0,0046091      0,27370    0,0041846
     0,10887      -1,2291      0,19235
=== ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ (Μήτρα V) ===
? print V
V (4 x 2)
  0,00052491   0,00090439
  0,00090439      0,15251
  0,00029310   -0,0036556
  -0,0036556      0,62822
```

Αναφορές

- Balcilar, M. et al. (2015) 'Regime switching and predictability of exchange rates', *Journal of International Money and Finance*, 53, pp. 243–259.
- Balcilar, M. et al. (2017) 'The role of regime changes in forecasting exchange rates: Evidence from Markov-Switching models', *Journal of Forecasting*, 36(7), pp. 753–765.
- Balcilar, M., Bekiros, S. and Gupta, R. (2017) 'The role of regime changes in forecasting exchange rates', *Journal of Forecasting*, 36(7), pp. 753–765.
- Cheung, Y.-W., Chinn, M.D. and Pascual, A.G. (2005) 'Empirical exchange rate models of the nineties: Are any fit to survive?', *Journal of International Money and Finance*, 24(7), pp. 1150–1175.
- Clark, T.E. and West, K.D. (2006) 'Using out-of-sample mean squared prediction errors to test the martingale difference hypothesis', *Journal of Econometrics*, 135(1–2), pp. 155–186.
- Della Corte, P., Sarno, L. and Tsiakas, I. (2009) 'An economic evaluation of empirical exchange rate models', *Review of Financial Studies*, 22(9), pp. 3491–3530.
- Della Corte, P., Sarno, L. and Tsiakas, I. (2012) 'Forecasting exchange rates: The usefulness of macroeconomic models', *Journal of Financial Economics*, 106(3), pp. 450–473.
- Engel, C. (1994) 'Can the Markov switching model forecast exchange rates?', *Journal of International Economics*, 36(1–2), pp. 151–165.
- Engel, C. and West, K.D. (2005) 'Exchange rates and fundamentals', *Journal of Political Economy*, 113(3), pp. 485–517.
- Hamilton, J.D. (1989) 'A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle', *Econometrica*, 57(2), pp. 357–384.
- Inoue, A. and Kilian, L. (2004) 'In-sample or out-of-sample tests of predictability?', *Econometrics Journal*, 7(1), pp. 1–24.
- Inoue, A. and Rossi, B. (2019) 'The effects of conventional and unconventional monetary policy shocks on exchange rates', *Journal of International Economics*, 118, pp. 419–447.
- Kanas, A. (1998) 'Volatility regimes in the US/UK exchange rate', *International Journal of Finance & Economics*, 3(4), pp. 305–315.
- Kanas, A. (2005) 'Non-linear forecasts of exchange rates with an application of neural networks', *Journal of International Money and Finance*, 24(1), pp. 113–122.
- Kanas, A. (2013) 'Regime changes in exchange rate dynamics: Evidence from nonlinear models', *International Review of Economics & Finance*, 26, pp. 148–158.
- Kim, C.-J. and Nelson, C. R. (1999) *State-Space Models with Regime Switching*. MIT Press.

- Kirikos, D. (2024) 'Quantitative easing effectiveness: Evidence from Euro private assets', *Bulletin of Economic Research*, 76(2), pp. 355–379.
- Kirikos, D.G. (1993). *Testing asset market models of the exchange rate: a VAR approach*. Applied Economics, 25(9), pp.1197–1216.
- Kirikos, D.G. (1996). *The role of the forecast-generating process in assessing asset market models of the exchange rate: a non-linear case*. The European Journal of Finance, 2(2), pp.125–144.
- Kirikos, D.G. (2000). *Forecasting exchange rates out of sample: random walk vs Markov switching regimes*. Applied Economics Letters, 7(2), pp.133–136.
- Kirikos, D.G. (2002). *Discrete policy interventions and rational forecast errors in foreign exchange markets: The uncovered interest parity hypothesis revisited*. International Journal of Finance & Economics, 7(4), pp.327–338.
- Kirikos, D.G. (2013). *How did the financial crisis affect the forecasting performance of time series exchange rate models? Evidence from euro rates*. International Journal of Economics and Finance, 5(2), pp.28–36.
- Krolzig, H.-M. (1997) *Markov-Switching Vector Autoregressions: Modelling, Statistical Inference and Application to Business Cycle Analysis*. Berlin: Springer.
- MacKinnon, J. G., Haug, A. A., & Michelis, L. (1999). Numerical distribution functions of likelihood ratio tests for cointegration. *Journal of Applied Econometrics*, 14(5), 563-577.
- Mark, N.C. (1995) 'Exchange rates and fundamentals: Evidence on long-horizon predictability', *American Economic Review*, 85(1), pp. 201–218.
- Meese, R. and Rogoff, K. (1983) 'Empirical exchange rate models of the seventies: Do they fit out of sample?', *Journal of International Economics*, 14(1–2), pp. 3–24.
- Rossi, B. (2013) 'Exchange rate predictability', *Journal of Economic Literature*, 51(4), pp. 1063–1119.
- Schaller, H. and van Norden, S. (2002) 'Regime switching in stock returns', *Journal of Financial Econometrics*, 60(1), pp. 27–62.
- Zhou, X. and Kannan, P. (2019) 'Exchange rate dynamics under different regimes: A Markov-switching approach', *IMF Working Paper*, pp. 1–32.