



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ**

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μεταβολή της τιμής πολύτιμων και βιομηχανικών μετάλλων και η συσχέτισή τους με άλλους δείκτες

ΟΝ/ΜΟ : Καψάλης Ιωάννης Ανάργυρος

A.M. : 2014020001

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Βαρουχάκης Εμμανουήλ

Γαλετάκης Μιχαήλ

Γιώτης Ανδρέας

Χανιά, 2023

Ευχαριστίες - Αφιερώσεις

Στο σημείο αυτό και πριν προχωρήσουμε στο κυρίως κορμό της εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αμέριστη υποστήριξη και συμπαράσταση που μου έδειξε με κάθε τρόπο καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Στάθηκαν αρωγοί σε αρκετά δύσκολες καταστάσεις και σε κάθε μου προσπάθεια πιστεύοντας σε μένα ακόμα και στις στιγμές που εγώ ο ίδιος αμφέβαλα, ενώ πάντοτε αντλούσα δύναμη για να συνεχίσω. Χωρίς εκείνους δεν θα είχα καταφέρει να τελειώσω αυτό το ταξίδι γνώσεων, εμπειριών και συναισθημάτων.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου κατά τη διάρκεια των σπουδών για όλες τις γνώσεις που μου προσέφεραν απλόχερα καθώς η συμβολή τους ήταν καθοριστική. Συγκεκριμένα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Βαρουχάκη Εμμανουήλ για την πολύτιμη βοήθειά του και την άψογη συνεργασία καθώς και τον κύριο Γαλετάκη Μιχαήλ του οποίου ο ρόλος ήταν καθοριστικός στο να πάρω το θέμα της διπλωματικής.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής για την αξιολόγηση της διπλωματικής μου εργασίας.

Abstract

This diploma thesis was prepared during the academic year 2021-2022. The purpose of the thesis is to investigate the factors that affect the performance of the prices of precious and industrial metals and their correlation with economic and environmental indicators. The analysis will be based on statistical methods to examine any correlations and whether independent variables can interpret the volatility in the price performance of precious and basic industrial metals.

The following chapters will focus on carbon dioxide, metals in general, their history, and the correlations between them, mainly in Greece. We will discuss volatility of metal prices and focus on the real values of metals with data from the [investing.com](https://www.investing.com), for the purpose of temporal analysis of changes and predictions. A thorough reference is made to the theoretical part in order to understand basic concepts and categorize the time series for their further analysis. Tsaf (Time Series Analysis and Forecast) will be used, which enables us to analyze time series and Matlab toolbox. Specifically, we will utilize the forecasting models.

1) Autoregressive model AR(p)

2) moving average model MA(q)

We will refer to the metals that interest us: copper, lead, nickel, tin, zinc, aluminum as well as the relationship between some of them with carbon dioxide. Data will be imported from excel showing the percentage of correlations of some metals with each other but also with carbon dioxide as well as figures that will show the correlation between the real values with the values predicted for the above models.

Keywords

Metals, Greece, Time series, Prediction and analysis of time series, Auto self-regression model AR(p), model of moving average MA(d), Partial autocorrelation, white noise, Trend, seasonality, Stationarity, Lags, autocorrelation, Pearson.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά την διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2021-2022. Σκοπός της διπλωματικής είναι η διερεύνηση των παραγόντων που επιδρούν στην απόδοση των τιμών των πολύτιμων και βιομηχανικών μετάλλων και η συσχέτισή τους με άλλους δείκτες. Η ανάλυση θα βασιστεί σε στατιστικές μεθόδους ώστε να εξεταστούν τυχόν συσχετίσεις και κατά πόσο ανεξάρτητες μεταβλητές μπορούν να ερμηνεύσουν την μεταβλητότητα στην απόδοση των τιμών των πολύτιμων και βασικών βιομηχανικών μετάλλων.

Τα παρακάτω κεφάλαια θα επικεντρωθούν στο διοξείδιο του άνθρακα, στα μέταλλα γενικά, στην ιστορία τους και στις συσχετίσεις μεταξύ τους, κυρίως στον Ελλαδικό χώρο. Θα συζητήσουμε τη μεταβλητότητα των τιμών των μετάλλων και θα εστιάσουμε στις πραγματικές τιμές των μετάλλων με δεδομένα από το [investing.com](https://www.investing.com), με σκοπό την χρονική ανάλυση μεταβολών και προβλέψεων. Γίνεται ενδελεχής αναφορά στο θεωρητικό κομμάτι με σκοπό την κατανόηση βασικών εννοιών και την κατηγοριοποίηση των χρονοσειρών για περαιτέρω ανάλυσή τους. Θα χρησιμοποιηθεί το Tsaf (Time Series Analysis and Forecast), που μας δίνει τη δυνατότητα να αναλύσουμε χρονοσειρές η γλώσσα προγραμματισμού Matlab. Συγκεκριμένα θα αξιοποιήσουμε τα μοντέλα πρόβλεψης

1) μοντέλο αυτοπαλινδρόμησης AR(p) (autoregressive model)

2) μοντέλο κινούμενου μέσου MA(q) (moving average model)

Θα αναφερθούμε στα μέταλλα: χαλκός , μόλυβδος , νικέλιο , κασσίτερος , ψευδάργυρος , αλουμίνιο καθώς και στη σχέση μεταξύ κάποιων από αυτών με το διοξείδιο του άνθρακα. Θα εισαχθούν δεδομένα από excel όπου θα φαίνονται οι συσχετίσεις κάποιων μετάλλων μεταξύ τους αλλά και με το διοξείδιο του άνθρακα καθώς και γραφικές παραστάσεις που θα δείχνουν τη συσχέτιση μεταξύ των πραγματικών τιμών με τις τιμές που προβλέφθηκαν για τα παραπάνω μοντέλα.

Λέξεις κλειδιά

Μέταλλα, Ελλάδα, Χρονοσειρές, Πρόβλεψη και ανάλυση χρονοσειρών, μοντέλο αυτοπαλινδρόμησης AR(p), μοντέλο κινούμενου μέσου MA(d), Μερική αυτοσυσχέτιση, λευκός θόρυβος, Τάση, εποχικότητα, Στασιμότητα, υστερήσεις, αυτοσυσχέτιση, Pearson.

Περιεχόμενα

Abstract.....	iii
Περίληψη.....	iv
Κατάλογος εικόνων	ix
Κατάλογος πινάκων.....	x
Κατάλογος διαγραμμάτων	xi
Εισαγωγή.....	xiv
Κεφάλαιο 1: Μέταλλα.....	1
1.1 Ιστορία μετάλλων.....	1
1.2 Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	1
1.2.1 Διάκριση μετάλλων σε στρατηγικά, ευγενή και βιομηχανικά.....	2
1.2.2 Δομικά Μέταλλα	3
1.3 Βασικά Μέταλλα (Base Metals).....	3
1.3.1 Συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης βασικών μετάλλων	3
1.4 Βασικές πληροφορίες για τα εξεταζόμενα μέταλλα	4
1.4.1 Νικέλιο (Ni).....	4
1.4.2 Ψευδάργυρος (Zn).....	5
1.4.3 Χαλκός (Cu)	6
1.4.4 Μόλυβδος (Pb).....	7
1.4.5 Κασσίτερος (Sn)	8
1.4.6 Αλουμίνιο (Al)	9
1.5 Απαραίτητες έννοιες	10
1.6 Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	11
1.6.1 Ο κύκλος του άνθρακα	11
1.6.2 Αποτύπωμα του άνθρακα.....	11
1.6.3 Απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές και τομεακές γνωστοποιήσεις.....	12
1.6.4 Χρήσεις και εφαρμογές του διοξειδίου του άνθρακα	14
1.7 Ελλάδα	15
1.7.1 Σημασία χαλκού και αλουμινίου στην οικονομία και τη ζωή στην Ελλάδα	16

1.7.2 Τομέας και Βιομηχανία μετάλλου στην Ελλάδα.....	17
1.7.3 Προβλέψεις εξέλιξης του τομέα Μετάλλου	18
Κεφάλαιο 2 ^ο : Χρονοσειρές και μοντέλα πρόβλεψης	21
2.1 Βασικά στάδια στη διαδικασία πρόβλεψης	21
2.2 Χρονοσειρές	22
2.2.1 Χαρακτηριστικά χρονοσειρών	25
2.2.2 Στόχοι στην ανάλυση χρονοσειρών	27
2.2.3 Συνεχείς – Διακριτές χρονοσειρές	28
2.2.4 Συνιστώσες χρονοσειρών	28
2.3 Μέθοδοι εξομάλυνσης.....	32
2.4 Στασιμότητα	33
2.4.1 Σταθερές χρονοσειρές και μη σταθερές χρονοσειρές.....	34
2.4.2 Διαφορές ανάμεσα στις δύο αυτές χρονοσειρές.....	35
2.4.3 Έλεγχος στασιμότητας χρονοσειράς.....	35
2.4.4 Μετατροπή μη-στάσιμης χρονοσειράς σε στάσιμη.....	36
2.5 Lags (υστερήσεις)	37
2.6 Έλεγχος ανεξαρτησίας δεδομένων Χρονοσειράς	38
2.7 Τυχαία χρονική σειρά (White noise)	38
2.8 Διαφορά μεταξύ της ανάλυσης παλινδρόμησης (regression analysis) και της ανάλυσης συσχέτισης (correlation analysis).	39
2.9 Η επιλογή μιας τεχνικής πρόβλεψης	40
2.9.1 Μέθοδοι πρόβλεψης:.....	40
2.10 Συσχέτιση (correlation).....	41
2.10.1 Αυτοσυσχέτιση (autocorrelation) - correlogram.....	42
2.10.2 Μερική Αυτοσυσχέτιση (Partial auto-correlation)	43
2.11 Μοντέλα χρονοσειρών (time series models).....	43
2.12 Αξιολόγηση προβλέψεων	44
2.13 Μοντέλα Αυτοπαλινδρόμησης - Autoregressive models- AR(p)	45
2.14 Μοντέλα Κινούμενου Μέσου – Moving Average MA(q)	48
2.15 Επιλογή μοντέλου	50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : Πειραματικά δεδομένα, διαγράμματα μετάλλων και ανάλυση οικονομικών στοιχείων αυτών.....	51
3.1 Διαγράμματα μετάλλων.....	51
3.2 LME (London Metal Exchange).....	57
3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές των μετάλλων	57
3.3.1 Αύξηση της ανταγωνιστικότητας	57
3.3.2 Μείωση απωλειών από τη διακύμανση των τιμών	57
3.3.3 Βελτίωση διαχείρισης έργου (project management).....	59
3.3.4 Μείωση κινδύνου των τιμών (price risk management)	59
3.4 Παράγοντες που συμβάλλουν στη διακύμανση των μετάλλων.....	59
3.4.1 Κίνδυνος που πηγάζει από τη χώρα (Country risk).....	60
3.4.2 Ζήτηση	60
3.4.3 Προσφορά - διαταραχές προσφοράς (supply disruptions)	60
3.4.4 Συναλλαγματικές ισοτιμίες - Αμερικάνικο δολάριο.....	61
3.4.5 Σχέση τιμής πετρελαίου και ΑΕΠ κάθε χώρας με την τιμή των μετάλλων.	64
3.4.6 Αποθέματα	64
3.5 Συμπέρασμα.....	65
Κεφάλαιο 4 : Παρουσιάσεις προτύπων πρόβλεψης τιμών μετάλλων μέσω διαγραμμάτων και τρόπος λειτουργίας του TSAF	66
4.1 Στόχος και χρήση Tsaf.....	66
4.2 Απαλοιφή τάσης και περιοδικότητας (Trend and Seasonality).....	67
4.2.1 Απαλοιφή τάσης	67
4.2.2 Απαλοιφή περιοδικότητας.....	68
4.3 Τιμές AR, MA.....	69
4.3.1 Το ερώτημα είναι πως μπορεί να γίνει γνωστό αν υπάρχει περιοδικότητα στη τιμή ή αν υπάρχουν τάσεις ή αν το μοντέλο είναι auto - regressive ή moving average.....	70
4.4 Ανάλυση διαγραμμάτων AC και Partial AC και επιλογή μοντέλων πρόβλεψης.....	70
4.5 Ανάλυση TSAF και διαγραμμάτων	74
4.5.1 TSAF (AR).....	74

4.5.2 TSAF (MA)	80
4.6 Διαγράμματα μετάλλων, διοξειδίου του άνθρακα και χρήση των δύο μοντέλων πρόβλεψης	84
4.6.1 Ανάλυση excel.....	85
4.7 Παρουσίαση διαγραμμάτων και ανάλυση TSAF για κάθε μέταλλο	86
4.7.1 Αλουμίνιο (Al)	86
4.7.2 Ψευδάργυρος (Zn).....	87
4.7.3 (A) Νικέλιο (Ni)	89
4.7.3 (B) Νικέλιο (Ni)	90
4.7.4 (A) Χαλκός (Cu).....	91
4.7.4 (B) Χαλκός (Cu).....	92
4.7.5 (A) Μόλυβδος (Pb)	94
4.7.5 (B) Μόλυβδος (Pb)	95
4.7.6 (A) Κασσίτερος (Sn)	97
4.7.6 (B) Κασσίτερος (Sn)	99
4.7.7 (A) Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	100
4.7.7 (B) Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	101
4.8 Παρουσίαση τιμών συσχέτισης μεταξύ του μέσου όρου των τιμών μετάλλων και των πραγματικών τους τιμών, όπως αυτές δόθηκαν.	103
Συμπεράσματα	105
Παράρτημα Α	106
Πίνακες δεδομένων και βαθμών εμπιστοσύνης που βρέθηκαν με τη βοήθεια του excel.	106
Παράρτημα Β	118
Βιβλιογραφία	123

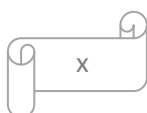
Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1: Διάφορα μέταλλα	3
Εικόνα 2: Νικέλιο	5
Εικόνα 3: Ψευδάργυρος	6
Εικόνα 4: Ψευδάργυρος	6
Εικόνα 5: Αυτοφυής χαλκός και τα ορυκτά του χαλκού, μαλαχίτης και αζουρίτης.....	7
Εικόνα 6: Ποσοστά παγκόσμιας παραγωγής χαλκού ανά ήπειρο (Nikolakakis Thomas, 2007)	7
Εικόνα 7: Μόλυβδος	8
Εικόνα 8: Κασσίτερος	9
Εικόνα 9: Ράβδος αλουμινίου	10
Εικόνα 10: Βιο-γεωχημικός κύκλος άνθρακα	13
Εικόνα 11: Ο παγκόσμιος κύκλος του άνθρακα. Οι αριθμοί αντιπροσωπεύουν τους γιγατόνους CO ₂ που διακινούνται ετησίως κατά τον κύκλο του άνθρακα. Όπως φαίνεται, η συνεισφορά των ανθρωπογενών πηγών εκπομπής σε CO ₂ αποτελούν μικρό κλάσμα (1Gt = 10^{12} kg CO ₂)	13
Εικόνα 12: Ελληνικές περιοχές που απαντώνται ορυκτά, μεταλλεύματα και ενεργειακές πρώτες ύλες.....	20
Εικόνα 13: Τάση.....	30
Εικόνα 14: Τυχαία συνιστώσα	32
Εικόνα 15: Trend removal (D=1).....	68
Εικόνα 16: Trend removal (D=2).....	68
Εικόνα 17: Παράδειγμα απαλοιφής περιοδικότητας.....	69
Εικόνα 18: Τιμές AR και MA	69
Εικόνα 19: Αφαίρεση τάσης και περιοδικότητας, επιλογή μοντέλου βάση αυτοσυσχέτισης και μερικής αυτοσυσχέτισης καθώς και δοκιμή διαφορετικών μοντέλων.....	73
Εικόνα 20: TSAF	74
Εικόνα 21: Data Analysis.....	75
Εικόνα 22: Model fitting	79
Εικόνα 23: Import data, remove mean, choose harmonics and filtering (remove trend seasonality).....	81
Εικόνα 24: Model Fitting	84
Εικόνα 25: Ανάλυση TSAF για το αλουμίνιο. (AR)	86
Εικόνα 26: Ανάλυση TSAF για τον ψευδάργυρο. (AR).....	88

Εικόνα 27: TSAF για το νικέλιο. (AR).....	89
Εικόνα 28: Ανάλυση TSAF για το νικέλιο. (MA)	90
Εικόνα 29: Ανάλυση TSAF για τον χαλκό. (AR).....	91
Εικόνα 30: Ανάλυση TSAF για τον χαλκό. (MA).....	93
Εικόνα 31: Ανάλυση TSAF για το μόλυβδο. (AR)	94
Εικόνα 32: Ανάλυση TSAF για τον μόλυβδο. (MA)	96
Εικόνα 33: Ανάλυση TSAF για το κασσίτερο. (MA).....	99
Εικόνα 34: Ανάλυση TSAF για το διοξείδιο του άνθρακα. (AR).....	100
Εικόνα 35: Ανάλυση TSAF για το διοξείδιο του άνθρακα. (MA).....	102

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1.1 Στρατηγικά μέταλλα	2
Πίνακας 1.2 Ευγενή μέταλλα.....	2
Πίνακας 1.3 Βιομηχανικά μέταλλα.....	2
Πίνακας 3.1 Correlation μετάλλων με CO ₂	52
Πίνακας 3.2 Correlation μεταξύ Zn, Cu και Pb.....	52
Πίνακας 4.1 Models, AC, Partial AC.....	70
Πίνακας 4.2 Όροι που παρουσιάζονται από την ανάλυση δεδομένων του excel.....	84
Πίνακας 4.3 Τιμές αλουμινίου.....	117
Πίνακας 4.4 Τιμές ψευδαργύρου.....	117
Πίνακας 4.5 Τιμές νικελίου (AR).....	118
Πίνακας 4.6 Τιμές νικελίου (2/12/2021) (MA).....	118
Πίνακας 4.7 Τιμές χαλκού (AR).....	118
Πίνακας 4.8 Τιμές χαλκού (MA).....	119
Πίνακας 4.9 Τιμές μόλυβδου (AR).....	119
Πίνακας 4.10 Τιμές μόλυβδου (2/12/2021) (MA).....	119
Πίνακας 4.11 Τιμές κασσίτερου (AR).....	120
Πίνακας 4.12 Τιμές κασσίτερου (MA).....	120
Πίνακας 4.13 Τιμές διοξειδίου του άνθρακα (AR).....	120
Πίνακας 4.14 Τιμές διοξειδίου του άνθρακα (MA).....	121



Κατάλογος διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1.1 Άνθρακας και ενεργειακή ένταση τόνου παραγόμενου μετάλλου....	14
Διάγραμμα 1.2 Συγκέντρωση του CO ₂ στην ατμόσφαιρα κατά την τελευταία χιλιετία.....	14
Διάγραμμα 2.1 Η χρονοσειρά των πωλήσεων ενός προϊόντος τις τελευταίες 42 εβδομάδες.....	23
Διάγραμμα 2.2 Μέσες μηνιαίες τιμές του δείκτη Dow Jones για τα έτη 1982 έως 1990.....	23
Διάγραμμα 2.3 Χρονοσειρά με μακροχρόνια τάση.....	29
Διάγραμμα 2.4 Κυκλική συνιστώσα.....	30
Διάγραμμα 2.5 Στο παραπάνω γράφημα το ίδιο μοτίβο παρατηρείται ετησίως.....	31
Διάγραμμα 2.6 Σταθερή χρονοσειρά.....	34
Διάγραμμα 2.7 Μη σταθερή χρονοσειρά.....	34
Διάγραμμα 2.8 Διάγραμμα διασποράς (scatter plot) που υποδηλώνει μια γραμμική σχέση.....	42
Διάγραμμα 3.1 Συνολικό διάγραμμα.....	53
Διάγραμμα 3.2 Αλουμίνιο.....	54
Διάγραμμα 3.3 Κασσίτερος.....	54
Διάγραμμα 3.4 Μόλυβδος.....	54
Διάγραμμα 3.5 Νικέλιο.....	55
Διάγραμμα 3.6 Χαλκός.....	55
Διάγραμμα 3.7 Ψευδάργυρος.....	56
Διάγραμμα 3.8 Διοξείδιο του άνθρακα.....	56
Διάγραμμα 3.9 Ανάπτυξη του ΑΕΠ.....	58
Διάγραμμα 3.10 Δείκτες τιμών εμπορευμάτων.....	58

Διάγραμμα 3.11 Μεριδίο αγοράς 5 μεγαλύτερων παραγωγών και παγκόσμια παραγωγή σε τόνους.....	61
Διάγραμμα 3.12 Κίνηση του δείκτη USD το διάστημα 2010-2020.....	62
Διάγραμμα 3.13 Πορεία της τιμής του χαλκού, \$/round.....	63
Διάγραμμα 3.14 Πορεία της τιμής του νικελίου, \$/ton.....	63
Διάγραμμα 3.15 Πορεία της τιμής του αλουμινίου, \$/ton.....	63
Διάγραμμα 3.16 Τιμή του χαλκού και πορεία του ΑΕΠ της Κίνας.....	64
Διάγραμμα 4.1 AR(1).....	71
Διάγραμμα 4.2 MA(1).....	72
Διάγραμμα 4.3 ARMA(1,1).....	72
Διάγραμμα 4.4 Τιμή στον τομέα χρόνου πριν, μετά την αφαίρεση της τάσης και μετά την αφαίρεση τάσης και περιοδικότητας.....	75
Διάγραμμα 4.5 Τιμή στον τομέα συχνότητας πριν και μετά την αφαίρεση της τάσης.....	76
Διάγραμμα 4.6 Τιμή στον τομέα συχνότητας πριν και μετά την αφαίρεση της τάσης και περιοδικότητας.....	76
Διάγραμμα 4.7 Autocorrelation πριν και μετά την αφαίρεση τάσης (40 lags).....	77
Διάγραμμα 4.8 Autocorrelation και Partial Autocorrelation πριν και μετά την αφαίρεση τάσης και περιοδικότητας (40 lags).....	78
Διάγραμμα 4.9 Τα μπλε παρουσιάζουν τα ιστορικά δεδομένα ενώ στο διπλανό διάγραμμα φαίνεται η πρόβλεψη για το μέλλον.....	79
Διάγραμμα 4.10 Τιμή στον τομέα του χρόνου πριν και μετά την αφαίρεση του μέσου όρου.....	79
Διάγραμμα 4.11 Τιμή στον τομέα της συχνότητας πριν και μετά την αφαίρεση μέσου όρου και επιλογή harmonic.....	81
Διάγραμμα 4.12 Τιμή στον τομέα του χρόνου μετά την αφαίρεση της περιοδικότητας και μετά την αφαίρεση περιοδικότητας και τάσης.....	81
Διάγραμμα 4.13 Τιμή στον τομέα της συχνότητας μετά την αφαίρεση της περιοδικότητας και μετά την αφαίρεση περιοδικότητας και τάσης.....	81

Διάγραμμα 4.14 Autocorrelation and partial autocorrelation ύστερα από αφαίρεση τάσης και περιοδικότητας.....	82
Διάγραμμα 4.15 Τιμή στον τομέα του χρόνου. Τα μπλε παρουσιάζουν τα ιστορικά δεδομένα ενώ στο διπλανό διάγραμμα φαίνεται η πρόβλεψη για το μέλλον.....	83
Διάγραμμα 4.16 Για αλουμίνιο. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-11 είναι τα lags.....	86
Διάγραμμα 4.17 Για ψευδάργυρο. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-24 είναι τα lags	87
Διάγραμμα 4.18 Για νικέλιο. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-9 είναι τα lags. (AR).....	89
Διάγραμμα 4.19 Για νικέλιο. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-9 είναι τα lags. (MA).....	90
Διάγραμμα 4.20 Για χαλκό. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-6 είναι τα lags. (AR).....	91
Διάγραμμα 4.21 Για χαλκό. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-6 είναι τα lags. (MA).....	92
Διάγραμμα 4.22 Για μόλυβδο. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-13 είναι τα lags. (AR).....	94
Διάγραμμα 4.23 Για μόλυβδο. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-13 είναι τα lags. (MA).....	96
Διάγραμμα 4.24 Για κασσίτερο. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-11 είναι τα lags. (AR).....	97
Διάγραμμα 4.25 Για κασσίτερο. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-11 είναι τα lags. (MA).....	99
Διάγραμμα 4.26 Για διοξείδιο του άνθρακα. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-12 είναι τα lags. (AR).....	100
Διάγραμμα 4.27 Για διοξείδιο του άνθρακα. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-12 είναι τα lags. (MA).....	102

Εισαγωγή

Είναι γνωστή η μεγάλη επίδραση που άσκησαν τα μέταλλα στη γενική εξέλιξη του ανθρώπου, καθώς και η σημασία τους για την οικονομική και κοινωνική πρόοδό του. Ο σημερινός πολιτισμός οφείλει πάρα πολλά στη χρήση των μετάλλων. Μόλις στις αρχές του 19ου αιώνα, χάρη στην εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του ατμού και την κατασκευή ισχυρών μηχανών, άρχισε η πραγματική κυριαρχία των μετάλλων και των κραμάτων τους. (Δημήτρης Αντωνίου, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Παν. Πατρών)

Από το 2000 περίπου, η άνοδος των τιμών των μετάλλων και η αυξανόμενη επιρροή των χρηματοπιστωτικών αγορών στις τιμές τους οδήγησαν σε συζήτηση και ανάλυση των αιτιών της μεταβλητότητας των τιμών των πρώτων υλών. Η επίδραση της μεταβλητότητας είναι δύσκολο να μετρηθεί αλλά γενικά θεωρείται αρνητική, διότι προκαλεί αβεβαιότητα σχετικά με τα μελλοντικά επίπεδα τιμών. Η διεύρυνση της μεταβλητότητας στις αγορές μετάλλων αποτελεί ιδιαίτερα ενδιαφέρον ζήτημα για επενδυτές και κατασκευαστές. Οι τιμές των μετάλλων υπόκεινται σε μεγάλο βαθμό σε κερδοσκοπία (Moore and Cullen, 1995). Αυτό παρατηρείται τα τελευταία χρόνια στις αναδυόμενες οικονομίες, γεγονός που οδηγεί σε αβεβαιότητα και μεταβλητότητα (Gil – Alana and Tripathy, 2014). Η μεταβλητότητα μπορεί να επηρεάσει τις αποφάσεις των επενδυτών και τη βιομηχανική παραγωγή και συνεπώς το μοτίβο οικονομικής ανάπτυξης της κάθε χώρας. Οι Darne and Charles (2014) υποστηρίζουν ότι οι χρηματοοικονομικές αγορές επηρεάζονται από μη προβλέψιμα γεγονότα τα οποία μπορεί να έχουν επίδραση στην εκτίμηση χρηματοοικονομικών σειρών. Τέτοια γεγονότα είναι οι πόλεμοι, οι φυσικές καταστροφές, οι πολιτικές διαμάχες και γενικά καταστάσεις οι οποίες είναι κατά βάση απρόβλεπτες.

Η μελέτη της μεταβλητότητας των τιμών των μετάλλων δεν αφορά μόνο στις χώρες παραγωγής αλλά και στις χώρες στις οποίες χρησιμοποιούνται τα εκάστοτε μέταλλα. Για παράδειγμα, οι εξαγωγές από μέταλλα είναι συχνά η κύρια πηγή εσόδων για ορισμένες αναπτυσσόμενες χώρες και επομένως οι διακυμάνσεις των τιμών τους ενδέχεται να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στις μακροοικονομικές επιδόσεις και το βιοτικό επίπεδο αυτών. (Deaton 1999, Cashin et al, 2002). Οπότε η δυναμική των τιμών είναι ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον ζήτημα κρίσιμης σημασίας για την εκάστοτε οικονομία, παραγωγή ή καταναλωτή. Συνεχίζοντας οι τεχνολογικές μεταβολές και σημαντικές βελτιώσεις στην εξορυκτική βιομηχανία άσκησαν καθοδική πίεση στις τιμές των πρώτων υλών. Ωστόσο, η απόκλιση των τιμών περιορίζεται δεδομένου ότι ορισμένα μέταλλα είναι υποκατάστατα (πλατίνα και παλλάδιο) στην κατανάλωση και παραγωγή άλλων αγαθών (Lombardi et al 2012, Hammoudeh and Yuan 2008). Σε γενικές γραμμές, οι τιμές των πρώτων υλών θεωρείται ότι ακολουθούν τις κοινές τάσεις (Palaskas and Varnagis 1991, Jerrett and Cuddington 2008), παρουσιάζουν κατακόρυφες ανόδους στις βραχυπρόθεσμες τιμές (Deaton and Laroque 1992) και ασύμμετρους οικονομικούς κύκλους. Εν ολίγοις, οι φάσεις ύφεσης διαρκούν περισσότερο από τις φάσεις άνθησης (Cashin et al 2002, Roberts 2009).

Για τους σκοπούς της ανάλυσης της δυναμικής των τιμών των μετάλλων σημαντική είναι η διερεύνηση των μακροοικονομικών μεταβλητών που τις επηρεάζουν, δηλαδή, βιομηχανική παραγωγή, τιμές πετρελαίου, επιτόκια και συναλλαγματική ισοτιμία δολαρίου (Palaskas and Varangis 1989, Leybourne et al 1994, Byrne et al 2013, Lombardi et al 2012, Vansteenkiste 2009, Hammoudeh and Yuan 2008). Ακόμη οι μεταβολές στη τιμή του πετρελαίου επιδρούν στην εξέλιξη των τιμών άλλων πρώτων υλών, καθώς υποστηρίζεται ότι η παραγωγή συγκεκριμένων μετάλλων είναι

εντάσεως ενέργειας και συνεπώς θα υπάρχουν επιπτώσεις στο κόστος (Akram 2009, Baffes 2007).

Γενικά τα μέταλλα διακρίνονται σε σιδηρούχα και μη σιδηρούχα. Η παρούσα διπλωματική θα ασχοληθεί με τα μη σιδηρούχα μέταλλα.

Τα μη σιδηρούχα μέταλλα περιλαμβάνουν αλουμίνιο, ορείχαλκο, χαλκό, νικέλιο, κασσίτερο, μόλυβδο και ψευδάργυρο, καθώς και πολύτιμα μέταλλα όπως ο χρυσός και το ασήμι. Ενώ τα μη σιδηρούχα μέταλλα μπορούν να παράσχουν αντοχή, χρησιμοποιούνται κυρίως όταν οι διαφορές τους από τα σιδηρούχα μέταλλα μπορούν να αποτελέσουν πλεονέκτημα. Επειδή δεν περιέχουν σίδηρο, έχουν μεγαλύτερη αντοχή στη σκουριά και τη διάβρωση, γι' αυτό και αυτά τα υλικά χρησιμοποιούνται για υδρορροές, σωλήνες νερού, στέγες και οδικά σήματα. Τέλος, είναι και μη μαγνητικά, γεγονός που τα καθιστά ιδανικά για χρήση σε μικρά ηλεκτρονικά και ως ηλεκτρική καλωδίωση. (thranorama.com, 2023)

Όσον αφορά την ανακύκλωση, το αλουμίνιο είναι το τρίτο ανακυκλωμένο υλικό στον κόσμο. Ωστόσο, πολλά άλλα μη σιδηρούχα υλικά όπως ο χαλκός, ο ορείχαλκος και ο μόλυβδος είναι σχετικά λιγοστά, και οι μεταλλουργοί βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στην ανακύκλωση.

Με τον όρο *χρονοσειρά* (time series) ονομάζεται μια αυστηρά ιεραρχημένη ως προς το χρόνο ακολουθία παρατηρήσεων που λαμβάνονται σε τακτά ίσα χρονικά διαστήματα. Μια χρονοσειρά θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι εκφράζει τη διαχρονική εξέλιξη μιας μεταβλητής κατά τη διάρκεια ίσων διαδοχικών χρονικών περιόδων σε αντίθεση με τα διαστρωματικά δεδομένα (cross - section data) που αφορούν τη συμπεριφορά της ίδιας μεταβλητής σε μία δεδομένη χρονική περίοδο. (Πανεπιστήμιο Αιγαίου)

Η Ανάλυση Χρονοσειρών στοχεύει στη διερεύνηση του μηχανισμού δημιουργίας των δεδομένων (ερμηνεία της συμπεριφοράς και της φύσης του εκάστοτε φαινομένου) και στην ανίχνευση επαναλαμβανόμενων προτύπων της χρονοσειράς που οδηγούν σε χρήσιμα μοντέλα πρόβλεψης. Για την επίτευξη των στόχων αυτών, χρησιμοποιούνται θεμελιώδεις αλλά και πιο σύγχρονες μαθηματικές μέθοδοι, αξιοποιώντας δεδομένα ακολουθίας που συλλέγονται διαχρονικά.

Σε πολλούς επιστημονικούς κλάδους συχνά χρειάζεται να παρακολουθείτε η εξέλιξη ορισμένων φαινομένων στο χρόνο και να γίνονται προβλέψεις για μελλοντικές τιμές τους που στηρίζονται σε διαθέσιμες παρατηρήσεις. Μία σειρά από παρατηρήσεις ενός φαινομένου οι οποίες γίνονται σε συγκεκριμένες ισαπέχουσες χρονικές στιγμές αποτελεί μία χρονοσειρά.

Επίσης θα χρησιμοποιηθούν δυο συγκεκριμένα μοντέλα για την πρόβλεψη των τιμών των παραπάνω μετάλλων και τη σύγκρισή τους με τις πραγματικές τιμές. Τα μοντέλα αυτά είναι το **αυτοπαλινδρόμικο μοντέλο $AR(p)$** και το **μοντέλο κινούμενου μέσου $MA(q)$** . Περισσότερες λεπτομέρειες και έννοιες που θα χρειαστούν για την κατανόηση των μοντέλων θα αναλυθούν στα επόμενα κεφάλαια.

Κεφάλαιο 1: Μέταλλα

1.1 Ιστορία μετάλλων

Από την εμφάνιση του Homo habilis μέχρι και το 4000 π.Χ. περίπου, ένα διάστημα δύο εκατομμυρίων ετών, ο άνθρωπος κατασκεύαζε τα εργαλεία και τα όπλα του από πέτρα, ξύλο ή οστά. Η πέτρα ήταν το πιο ανθεκτικό από αυτά τα υλικά. Αυτή η μακρά περίοδος είναι γνωστή ως Λίθινη Εποχή. Με βάση τις εξελισσόμενες τεχνικές επεξεργασίας της πέτρας, χωρίζεται στην Παλαιολιθική, την Μεσολιθική και την Νεολιθική εποχή. Μερικές φορές, όμως, οι άνθρωποι της Λίθινης Εποχής έβρισκαν ορισμένες πέτρες που ήταν στιλπνές και βαρύτερες από τις συνήθεις πέτρες του ίδιου μεγέθους. Όταν τις χτυπούσαν με ένα λίθινο σφυρί, δεν έσπαζαν όπως οι συνηθισμένες πέτρες, αλλά παραμορφώνονταν.

Οι πέτρες αυτές περιείχαν μέταλλα. Υπάρχουν δεκάδες διαφορετικά μέταλλα, τα περισσότερα όμως απαντούν με τη μορφή ποικίλων ενώσεων τους στα διάφορα ορυκτά. Μόνο τα μέταλλα που είναι αδρανή και δεν οξειδώνονται εύκολα είναι πιθανόν να βρεθούν σε ελεύθερη κατάσταση και λέγονται «αυτοφυή». Τα μέταλλα που έχουν στατιστικά μεγάλη πιθανότητα να υπάρχουν ως αυτοφυή είναι ο χαλκός, ο άργυρος και ο χρυσός. Η σπανιότητά τους είναι εμφανής και από το γεγονός ότι η ίδια η λέξη μέταλλο, που είναι ελληνική, προέρχεται από το ρήμα «μεταλλώ», που σημαίνει «ερευνώ, αναζητώ». (Α.Π.Θ., 2012)

Υπάρχουν σήμερα 86 γνωστά μέταλλα, αλλά πριν από τον 19ο αιώνα είχαν ανακαλυφθεί μόνο 24 και από αυτά τα 24 μέταλλα, τα 12 ανακαλύφθηκαν τον 18ο αιώνα. Τα μέταλλα της αρχαιότητας, ήταν τα μέταλλα στα οποία βασίστηκε ο πολιτισμός είναι ο χρυσός, περίπου 6000 π.Χ., ο χαλκός, περίπου 4200 π.Χ., το ασήμι, περίπου 4000 π.Χ., ο μόλυβδος, περίπου 3500 π.Χ., ο κασσίτερος, περίπου 1750 π.Χ., ο σίδηρος, περίπου 1500 π.Χ. και ο υδράργυρος, περίπου 750 π.Χ.

1.2 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Τα στοιχεία διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: στα μέταλλα και στα αμέταλλα. Με βάση τη χημική σύνθεση των στερεών σωμάτων και την ατομική τους δομή, τα στερεά υλικά διακρίνονται σε **μέταλλα, κεραμικά και πολυμερή**. **Μέταλλο** (metal) ονομάζεται κάθε στοιχείο, συνήθως σκληρό με ειδική λάμψη (μεταλλική) και το οποίο έχει ως επί το πλείστον καλή ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα και εξαιρετικές ιδιότητες αντοχής και πλαστικότητας.

Επίσης, μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο βασικές κατηγορίες ως σιδηρούχα και μη σιδηρούχα.

Τα μη σιδηρούχα μέταλλα είναι πιο ακριβά από τα σιδηρούχα. Χρησιμοποιούνται κατά κόρον εξαιτίας των εξαιρετικών ιδιοτήτων τους, όπως είναι το χαμηλό τους βάρος (π.χ. αλουμίνιο, μαγνήσιο), η υψηλότερη θερμική αγωγιμότητά τους (π.χ. χαλκός), οι μη-μαγνητικές τους ιδιότητες, καθώς και η καλύτερη αντιδιαβρωτική τους συμπεριφορά (π.χ. ψευδάργυρος). **Τα μη σιδηρούχα είναι και αυτά για τα οποία θα αναφερθεί η εργασία αναλυτικότερα παρακάτω.** (Titanium, 2017)

1.2.1 Διάκριση μετάλλων σε στρατηγικά, ευγενή και βιομηχανικά.

i) Στρατηγικά

Τα στρατηγικά μέταλλα έχουν κρίσιμη σημασία. Πρώτον, συνδέονται με την βιομηχανία. Δεύτερον, είναι κρίσιμα στην μοντέρνα τεχνολογία και τρίτον, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή είναι σημαντικά για το περιβάλλον.

Η διαδικασία εξαγωγής των στρατηγικών μετάλλων υλοποιείται κατά την διύλιση των βασικών μετάλλων, όπου τα βασικά μέταλλα λειώνονται και τα απομεινάρια και τα υπολείμματα καύσης που απομένουν αποτελούν τα στρατηγικά μέταλλα, οι τιμές των οποίων καθορίζονται ανά κιλό, τόνο, λίβρα ή ανά ουγγιά. Η ζήτησή τους παραμένει σταθερή διαχρονικά έως και αυξανόμενη.

Ρόδιο	Τιτάνιο	Γερμάνιο	Σελήνιο
Μαγνήσιο	Χρώμιο	Κοβάλτιο	Μαγγάνιο
Ψευδάργυρος	Γάλλιο	Λίθιο	Θάλλιο

Πίνακας 1.1: Στρατηγικά μέταλλα

ii) Ευγενή

Από τα μέταλλα αυτά περισσότερη ζήτηση έχουν ο χρυσός, το ασήμι, η πλατίνα και το παλλάδιο. Όσον αφορά το ρόδιο το ιρίδιο το όσμιο και το ρουθίνιο δεν διαπραγματεύονται στο χρηματιστήριο και πολλοί επενδυτές δεν γνωρίζουν για αυτά. Όμως όσοι επενδύουν σε αυτά γίνεται μέσω μπαρών ή και νομισμάτων και οι συναλλαγές γίνονται απευθείας με τους προμηθευτές και τους βιομηχανικούς χρήστες. Το τιτάνιο όμως χρησιμοποιείται πολύ στην βιομηχανία αλλά πολλές φορές η τιμή του φτάνει στα ύψη.

Ευγενή ή Πολύτιμα		
Χρυσός	Ασήμι	Πλατίνα
Παλλάδιο	Ρόδιο	Ιρίδιο
Όσμιο	Ρουθίνιο	Τιτάνιο

Πίνακας 1.2: Ευγενή μέταλλα

iii) Βιομηχανικά

Από αυτά τα μέταλλα περισσότερη ζήτηση έχουν ο χαλκός, ο κασσίτερος, το νικέλιο και το ουράνιο όπου είναι ραδιενεργό και χρησιμεύει στην κατασκευή των πυρηνικών αντιδραστήρων στα πυρηνικά εργοστάσια. (Μαλουσίδου Αναστασία , 2021)

Βιομηχανικά	
Χαλκός	Αλουμίνιο
Χάλυβας	Κασσίτερος
Ψευδάργυρος	Μολυβδαίνιο
Μόλυβδος	Κοβάλτιο
	Νικέλιο κ.α.

Πίνακας 1.3: Βιομηχανικά μέταλλα

1.2.2 Δομικά Μέταλλα

Τα χρησιμοποιούμενα για την παρασκευή δομικών υλικών μέταλλα είναι κατ' αρχήν ο σίδηρος, το αλουμίνιο, ο χαλκός, ο ψευδάργυρος και ο μόλυβδος και κατά δεύτερο λόγο το νικέλιο, το χρώμιο, ο κασσίτερος και το βολφράμιο. Τα τελευταία χρησιμοποιούνται σε μικρές ποσότητες, για την κατασκευή κραμάτων με τα κύρια μέταλλα. Τα μέταλλα σπάνια χρησιμοποιούνται αμιγή και απαλλαγμένα από άλλες προσμίξεις. Αναμιγνύονται συνήθως με άλλα μέταλλα ή αμέταλλα στοιχεία, και έτσι δημιουργούνται τα κράματα. Σε αυτά ακριβώς τα κράματα, που εμφανίζουν ιδιότητες πολύ ανώτερες από τα απλά μέταλλα, οφείλονται οι μεγάλες πρόοδοι στις μεταλλικές κατασκευές. Τα κυριότερα κράματα, που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των δομικών μεταλλικών υλικών είναι ο χυτοσίδηρος και ο χάλυβας (κράματα σιδήρου και άνθρακα), ο νικελιούχος και ο χρωμιούχος χάλυβας (κράματα σιδήρου και χρωμίου ή/και νικελίου), τα κράματα του αλουμινίου, ο μπρούντζος (κράμα χαλκού και κασσίτερου) και τέλος ο ορείχαλκος (κράμα χαλκού και ψευδάργυρου). (Δημήτρης Αντωνίου, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Παν. Πατρών)



Εικόνα 1: Διάφορα μέταλλα

1.3 Βασικά Μέταλλα (Base Metals)

Τα μέταλλα με τα οποία ασχολείται η παρούσα διπλωματική είναι τα βασικά μέταλλα.

Τα βασικά μέταλλα είναι κοινά μέταλλα που αμαυρώνουν, οξειδώνονται ή διαβρώνονται σχετικά γρήγορα όταν εκτίθενται στον αέρα ή την υγρασία. Μπορούν να αντιπαραβληθούν με πολύτιμα μέταλλα και χρησιμοποιούνται ευρέως σε εμπορικές και βιομηχανικές εφαρμογές, όπως οι κατασκευές και η κατασκευή. Παραδείγματα βασικών μετάλλων περιλαμβάνουν μόλυβδο, χαλκό, νικέλιο, αλουμίνιο και ψευδάργυρο. (HAYES, Investopedia , 2022)

1.3.1 Συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης βασικών μετάλλων

Αρκετά χρηματιστήρια σε όλο τον κόσμο προσφέρουν συμβόλαια για συναλλαγές σε βασικά μέταλλα, αλλά ο κόμβος των διεθνών συναλλαγών παραμένει το London Metal Exchange (LME). Στις Ηνωμένες Πολιτείες, το Chicago Mercantile Exchange (CME) προσφέρει επίσης συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης βασικών μετάλλων.

Τα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης της CME που παραδίδονται με φυσική παράδοση έχουν σχεδιαστεί για να ανταποκρίνονται στις ανάγκες της εξελισσόμενης διεθνούς αγοράς. Παρέχουν ένα ανταγωνιστικό ως προς το κόστος όχημα για τη διαχείριση του κινδύνου τιμών για ολόκληρη την αλυσίδα αξίας.

Τόσο οι παραγωγοί όσο και οι καταναλωτές χρησιμοποιούν τις αγορές συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης για να αντισταθμίσουν την έκθεσή τους στις τιμές στα βασικά μέταλλα. Για παράδειγμα, μπορούν να πουλήσουν συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης χαλκού εν αναμονή μιας εξόρυξης, προκειμένου να αντισταθμίσουν τον κίνδυνο πτώσης των τιμών πριν να είναι έτοιμοι για αγορά. Οι παραγωγοί ηλεκτρονικών ειδών, από την άλλη πλευρά, ενδέχεται να αγοράσουν συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης χαλκού για να αντισταθμίσουν τον κίνδυνο αύξησης των τιμών, καθώς οι καλωδιώσεις χαλκού και χαλκού αποτελούν βασικά συστατικά των υπολογιστών και των ηλεκτρονικών συσκευών. (oikonomologos.gr , 2023)

Με την αντιστάθμιση, τόσο ο παραγωγός (πωλητής) όσο και ο καταναλωτής (αγοραστής) χαλκού ανοσοποιούνται στις διακυμάνσεις των τιμών του μετάλλου, ενώ το συμβόλαιο μελλοντικής εκπλήρωσης εξακολουθεί να διατηρείται και να ισχύει.

Ενημερωτικά, ο κασσίτερος τείνει να είναι το πιο ακριβό βασικό μέταλλο, τόνος για τόνο, ακολουθούμενο από νικέλιο, χαλκό και στη συνέχεια ψευδάργυρο.

1.4 Βασικές πληροφορίες για τα εξεταζόμενα μέταλλα

1.4.1 Νικέλιο (Ni)

Το νικέλιο είναι ένα πολύ άφθονο φυσικό στοιχείο. Το καθαρό νικέλιο είναι ένα σκληρό, ασημί-λευκό μέταλλο και μπορεί να συνδυαστεί με άλλα μέταλλα, όπως ο σίδηρος, ο χαλκός, το χρώμιο και ο ψευδάργυρος, για να σχηματίσουν κράματα.

Προέλευση

Το νικέλιο βρίσκεται σε όλο το έδαφος και βρίσκεται επίσης στους μετεωρίτες και στον πυθμένα του ωκεανού. Το νικέλιο και οι ενώσεις του δεν έχουν χαρακτηριστική οσμή ή γεύση. Τα ορυκτά από τα οποία εξάγεται το μεγαλύτερο μέρος του νικελίου είναι τα σουλφίδια σιδήρου/νικελίου όπως ο πεντλαντίτης. Βρίσκεται επίσης σε άλλα ορυκτά, συμπεριλαμβανομένου του γαρνιερίτη.

Μια σημαντική ποσότητα νικελίου στη Γη έφτασε με μετεωρίτες. Ένας από αυτούς προσγειώθηκε στην περιοχή κοντά στο Οντάριο του Καναδά, πριν από εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια. Αυτή η περιοχή είναι τώρα υπεύθυνη για περίπου το 15% της παγκόσμιας παραγωγής.

Οι 3 κορυφαίοι παραγωγοί

- 1) Ρωσία
- 2) Ινδονησία
- 3) Φιλιππίνες

Οι 3 κορυφαίοι κάτοχοι αποθεμάτων

- 1) Αυστραλία
- 2) Νέα Καληδονία

3) Βραζιλία

Σχετικός κίνδυνος εφοδιασμού 4.8 (relative supply risk)

Αφθονία στο φλοιό της Γης : 0,0089% (Chemistry, 2019)



Εικόνα 2: Νικέλιο

1.4.2 Ψευδάργυρος (Zn)

Ο ψευδάργυρος είναι ένα από τα πιο κοινά στοιχεία στο φλοιό της γης. Βρίσκεται στον αέρα, το έδαφος και το νερό και υπάρχει σε όλα τα τρόφιμα. Ο καθαρός ψευδάργυρος είναι ένα μπλε-λευκό λαμπερό μέταλλο.

Προέλευση

Ο ψευδάργυρος βρίσκεται σε διάφορα μεταλλεύματα, τα κυριότερα από τα οποία είναι το μείγμα ψευδαργύρου (σουλφίδιο του ψευδαργύρου) και η καλαμίνη (πυριτικός ψευδάργυρος). Οι κύριες περιοχές εξόρυξης βρίσκονται στην Κίνα, την Αυστραλία και το Περού. Εμπορικά, ο ψευδάργυρος λαμβάνεται από τα μεταλλεύματα του με συγκέντρωση και στη συνέχεια μείωσή του σε ψευδάργυρο με θέρμανση με άνθρακα ή με ηλεκτρόλυση. Η παγκόσμια παραγωγή υπερβαίνει τους 11 εκατομμύρια τόνους ετησίως.

Οι 3 κορυφαίοι παραγωγοί

1) Κίνα

2) Αυστραλία

3) Περού

Οι 3 κορυφαίοι κάτοχοι αποθεμάτων

1) Αυστραλία

2) Κίνα

3) Περού

Σχετικός κίνδυνος εφοδιασμού 4.8 (relative supply risk)

Αφθονία στο φλοιό της Γης : 0,0078% (Chemistry, 2019)

Στα μεταλλεύματα το στοιχείο βρίσκεται σε συνδυασμό με άλλα μέταλλα όπως ο χαλκός και ο μόλυβδος



Εικόνα 3: Ψευδάργυρος



Εικόνα 4: Ψευδάργυρος

1.4.3 Χαλκός (Cu)

Ο χαλκός είναι ένα μέταλλο που εμφανίζεται φυσικά σε όλο το περιβάλλον, σε βράχους, χώμα, νερό και έχει ερυθρό χρώμα και αποτελεί ένα βασικό στοιχείο στα φυτά και τα ζώα (συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων), πράγμα που σημαίνει ότι είναι απαραίτητο να ζήσουμε.

Προέλευση

Το μέταλλο χαλκού εμφανίζεται φυσικά, αλλά μακράν η μεγαλύτερη πηγή είναι σε ορυκτά όπως ο χαλκοπυρίτης και ο βορνίτης. Ο χαλκός λαμβάνεται από αυτά τα μεταλλεύματα και τα ορυκτά με τήξη, έκπλυση και ηλεκτρόλυση. Οι σημαντικότερες χώρες παραγωγής χαλκού είναι η Χιλή, το Περού και η Κίνα.

Ο χαλκός αποτελεί ένα από τα περισσότερα ευρέως ανακυκλώσιμα μέταλλα, καθώς περίπου το ένα τρίτο του χαλκού που καταναλώνεται παγκοσμίως, ανακυκλώνεται. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, αφού ο ανακυκλωμένος χαλκός δεν χάνει καμία από τις χημικές ή τις φυσικές ιδιότητες του αρχικού μεταλλεύματος.

Οι 3 κορυφαίοι παραγωγοί

1) Χιλή

2) Περού

3) Κίνα

Οι 3 κορυφαίοι κάτοχοι αποθεμάτων

1) Χιλή

2) Περού

3) Αυστραλία

Σχετικός κίνδυνος εφοδιασμού 4.3 (relative supply risk)

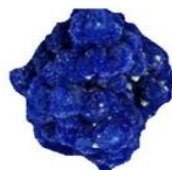
Αφθονία στο φλοιό της Γης : 0,0068% (Chemistry, 2019)



Αυτοφυής χαλκός

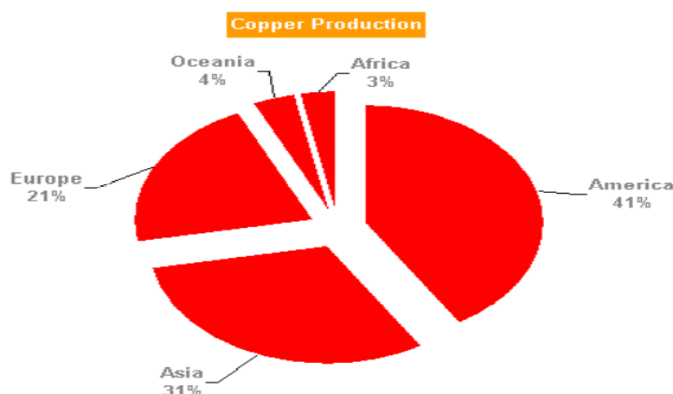


Μαλαχίτης $[\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2]$



Αζουρίτης $[2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2]$

Εικόνα 5: Αυτοφυής χαλκός και τα ορυκτά του χαλκού, μαλαχίτης και αζουρίτης.



Εικόνα 6: Ποσοστά παγκόσμιας παραγωγής χαλκού ανά ήπειρο (Nikolakakis Thomas, 2007)

1.4.4 Μόλυβδος (Pb)

Ο μόλυβδος είναι ένα φυσικό μπλε-γκρι μέταλλο που βρίσκεται σε μικρές ποσότητες στο φλοιό της γης. Ο μόλυβδος μπορεί να βρεθεί σε όλα τα μέρη του περιβάλλοντός μας.

Προέλευση

Ο μόλυβδος λαμβάνεται κυρίως από το ορυκτό γαληνίτη. Τουλάχιστον το 40% του μόλυβδου στο Ηνωμένο Βασίλειο ανακυκλώνεται από δευτερεύουσες πηγές, όπως μπαταρίες και σωλήνες.

Οι 3 κορυφαίοι παραγωγοί

- 1) Κίνα
- 2) Αυστραλία
- 3) ΗΠΑ

Οι 3 κορυφαίοι κάτοχοι αποθεμάτων

- 1) Αυστραλία
- 2) Κίνα
- 3) Ρωσία

Σχετικός κίνδυνος εφοδιασμού 6.2 (relative supply risk)

Αφθονία στο φλοιό της Γης : 0,00099% (Chemistry, 2019)



Εικόνα 7: Μόλυβδος

1.4.5 Κασσίτερος (Sn)

Ο κασσίτερος είναι ένα φυσικό στοιχείο στο φλοιό της γης. Είναι ένα μαλακό, εύκαμπτο λευκό και ασημένιο μέταλλο που δεν διαλύεται στο νερό. Υπάρχει σε ορείχαλκο, χαλκό, κασσίτερο και μερικά συγκολλητικά υλικά.

Προέλευση

Το μέταλλο κασσίτερου και οι ανόργανες και οργανικές ενώσεις κασσίτερου μπορούν να βρεθούν στο νερό και στο έδαφος κοντά σε μέρη όπου υπάρχουν φυσικά στα πετρώματα ή όπου εξορύσσονται, κατασκευάζονται ή χρησιμοποιούνται. Ο κασσίτερος βρίσκεται κυρίως στον κασσιτερίτη μεταλλεύματος (οξείδιο του κασσιτέρου(IV)). Βρίσκεται κυρίως στη «ζώνη κασσίτερου» που εκτείνεται μέσω της Κίνας, της Ταϊλάνδης και της Ινδονησίας. Εξορύσσεται επίσης στο Περού, τη Βολιβία και τη Βραζιλία.

Οι 3 κορυφαίοι παραγωγοί

- 1) Κίνα
- 2) Ινδονησία
- 3) Περού

Οι 3 κορυφαίοι κάτοχοι αποθεμάτων

- 1) Κίνα

2) Ινδονησία

3) Βραζιλία

Σχετικός κίνδυνος εφοδιασμού 6.7 (relative supply risk)

Αφθονία στο φλοιό της Γης : 0,00022% (Chemistry, 2019)



Εικόνα 8: Κασσίτερος

1.4.6 Αλουμίνιο (Al)

Το αλουμίνιο είναι το πιο άφθονο μέταλλο στο φλοιό της Γης (8,1%) αλλά σπάνια βρίσκεται στη φύση. Το μέταλλο αλουμινίου είναι ελαφρύ σε βάρος και ασημί - λευκό στην εμφάνιση.

Προέλευση

Βρίσκεται πάντα σε συνδυασμό με άλλα στοιχεία όπως το οξυγόνο, το πυρίτιο και το φθόριο. Βρίσκεται συνήθως σε ορυκτά όπως ο βωξίτης και ο κρυόλιθος. Αυτά τα ορυκτά είναι πυριτικά άλατα αργιλίου. Μικρές ποσότητες αλουμινίου μπορούν να βρεθούν διαλυμένες στο νερό. Η παραγωγή αλουμινίου είναι πολύ ενεργοβόρος. Το 5% της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στις ΗΠΑ χρησιμοποιείται στην παραγωγή αλουμινίου. Ωστόσο, μόλις κατασκευαστεί, δεν διαβρώνεται εύκολα και μπορεί εύκολα να ανακυκλωθεί.

Οι 3 κορυφαίοι παραγωγοί

1) Αυστραλία

2) Βραζιλία

3) Κίνα

Οι 3 κορυφαίοι κάτοχοι αποθεματικών

1) Γουινέα

2) Αυστραλία

3) Βραζιλία

Σχετικός κίνδυνος εφοδιασμού 4.8 (relative supply risk)

Αφθονία στο φλοιό της Γης : 8,1% (Chemistry, 2019)



Εικόνα 9: Ράβδος αλουμινίου

1.5 Απαραίτητες έννοιες

- **Relative supply risk** : Ένας ολοκληρωμένος δείκτης κινδύνου προσφοράς από 1 (πολύ χαμηλός κίνδυνος) έως 10 (πολύ υψηλός κίνδυνος). Αυτό υπολογίζεται συνδυάζοντας τις βαθμολογίες για την αφθονία του φλοιού, την κατανομή των αποθεμάτων, τη συγκέντρωση της παραγωγής, την υποκαταστασιμότητα, το ποσοστό ανακύκλωσης και τις βαθμολογίες πολιτικής σταθερότητας.
- **Crustal abundance (ppm)** : Ο αριθμός των ατόμων του στοιχείου ανά 1 εκατομμύριο άτομα του φλοιού της Γης.
- **Recycling rate** : Το ποσοστό ενός εμπορεύματος που ανακυκλώνεται. Ένα υψηλότερο ποσοστό ανακύκλωσης μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο για την προμήθεια.
- **Substitutability** : Η διαθεσιμότητα κατάλληλων υποκατάστατων για ένα δεδομένο εμπόρευμα.
 - ❖ Υψηλή = η αντικατάσταση δεν είναι δυνατή ή πολύ δύσκολη.
 - ❖ Μέσο = η υποκατάσταση είναι δυνατή, αλλά μπορεί να υπάρξει οικονομικός αντίκτυπος και/ή αντίκτυπος στις επιδόσεις
 - ❖ Χαμηλή = υποκατάσταση είναι δυνατή με μικρό ή καθόλου οικονομικό αντίκτυπο και/ή αντίκτυπο στις επιδόσεις
- **Production concentration** : Το ποσοστό ενός στοιχείου που παράγεται στην κορυφαία χώρα παραγωγής. Όσο υψηλότερη είναι η αξία, τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος που πρέπει να παρασχεθεί.
- **Διανομή αποθεματικών** : Το ποσοστό των παγκόσμιων αποθεμάτων που βρίσκονται στη χώρα με τα μεγαλύτερα αποθέματα. Όσο υψηλότερη είναι η αξία, τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος που πρέπει να παρασχεθεί.
- **Πολιτική σταθερότητα του κορυφαίου παραγωγού** : Μια εκατοστιαία κατάταξη για την πολιτική σταθερότητα της κορυφαίας χώρας παραγωγής, που προέρχεται από τους δείκτες διακυβέρνησης της Παγκόσμιας Τράπεζας.
- **Πολιτική σταθερότητα του ανώτατου αποθεματικού κατόχου** : Μια εκατοστιαία κατάταξη για την πολιτική σταθερότητα της χώρας με τα μεγαλύτερα αποθέματα, που προέρχεται από τους δείκτες διακυβέρνησης της Παγκόσμιας Τράπεζας. (Chemistry, 2019)

1.6 Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Το διοξείδιο του άνθρακα (χημικός τύπος CO₂) είναι χημική ένωση που αποτελείται από δύο άτομα οξυγόνου ενωμένα με ομοιοπολικό δεσμό με ένα άτομο άνθρακα. Είναι γραμμικό μόριο χωρίς διπολική ροπή. Περιέχει 27,3 % w/w άνθρακα και 72,7 % w/w οξυγόνο. Μπορεί να αποδοθεί με το συντακτικό τύπο : O=C=O. Είναι αέριο συστατικό της γήινης ατμόσφαιρας, άχρωμο, άοσμο και άγευστο σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας και επίσης είναι ένα από τα αέρια του θερμοκηπίου. (Science in School, 2011)

1.6.1 Ο κύκλος του άνθρακα

Με τον ορισμό αυτό, χαρακτηρίζετε η κυκλική φυσική διαδικασία μετατροπής του άνθρακα, από την ανόργανη και οξειδωμένη του μορφή (CO₂), στη μορφή διαφόρων οργανικών ενώσεων στο φυτικό και ζωικό βασίλειο.

Όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 10**, ο μηχανισμός του κύκλου του άνθρακα, έχει ως κεντρικό του σημείο τους χερσαίους και υδάτινους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς, στους οποίους συντελείται η δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα. Στη συνέχεια το CO₂ μετατρέπεται σε διάφορες οργανικές ενώσεις, οι οποίες μέσω του τροφικού δικτύου προσλαμβάνονται από τους ζωικούς οργανισμούς, και στη συνέχεια επανεκλύεται ξανά στο περιβάλλον. Παράλληλα έκλυση CO₂ υπάρχει από την αναπνοή των φυτών, αλλά και από την αποσύνθεση μέσω διαφόρων μικροοργανισμών της φυτικής βιομάζας, όσο και των νεκρών ζωικών οργανισμών.

Ο κύκλος του άνθρακα θεωρείται από τους τελειότερους βιο - γεωχημικούς κύκλους, λόγω της μεγάλης ταχύτητας με την οποία ο άνθρακας μεταβαίνει από την ανόργανη στην οργανική του μορφή. Τέλος, στην **Εικόνα 11** αποτυπώνεται ο παγκόσμιος κύκλος άνθρακα.

1.6.2 Αποτύπωμα του άνθρακα

Το αποτύπωμα άνθρακα είναι το σύνολο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούνται από ένα άτομο, γεγονός, οργάνωση, υπηρεσία, τόπο ή προϊόν, εκφρασμένο ως ισοδύναμο διοξειδίου του άνθρακα. (Carbon trust, 2008)

Μπορεί να υπολογιστεί για ένα **προϊόν**, μια **υπηρεσία**, ένα **άτομο** ή ακόμα και μια **χώρα** και χρησιμοποιείται για να κατανοήσει τις επιπτώσεις που έχει η ανθρώπινη δραστηριότητα στο κλίμα της γης. Η τυποποιημένη μονάδα μέτρησης για τα αποτυπώματα άνθρακα είναι ισοδύναμο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Το CO₂ συνδυάζει τη μέτρηση έξι τύπων αερίων θερμοκηπίου, ζυγίζοντας το κάθε ένα για το δυναμικό αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη σε σχέση με το διοξείδιο του άνθρακα για μια χρονική περίοδο περίπου 100 ετών. Τα αέρια περιλαμβάνουν διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), μεθάνιο (CH₄), οξείδιο του αζώτου (N₂O), υπερφθοράνθρακες (PFC), υδροφθοράνθρακες (HFC) και εξαφθοριούχο θείο (SF₆).

Το CO₂ είναι η διεθνής τυποποιημένη μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιείται για τη λογιστική παρακολούθηση των αερίων θερμοκηπίου σε επιχειρήσεις, χώρες, εμπόριο άνθρακα και διεθνείς συμφωνίες.

Οι δυο επικρατέστερες μονάδες μέτρησης μπορεί να είναι

1. ένας χωρικός δείκτης και να εκφράζεται σε μονάδες έκτασης παραγωγικής γης , δηλαδή σε παγκόσμια εκτάρια (global hectares gha)
2. ή να ποσοτικοποιείται σε μονάδες μάζας (γραμμάρια , κιλά, τόνους) διοξειδίου του άνθρακα, είτε αναγωγικά , ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα. (Team, 2017)

1.6.3 Απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές και τομεακές γνωστοποιήσεις

Ο τομέας των μετάλλων και των μεταλλείων βρίσκεται στα πολύ πρώιμα στάδια μιας 30ετούς μετάβασης στην παραγωγή ουδέτερου άνθρακα. Ο δρόμος προς τις καθαρές μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ή την ουδετερότητα του άνθρακα θα έχει κρίσιμο αντίκτυπο στις επιχειρήσεις του τομέα μέσω τουλάχιστον δύο διαύλων:

A) μέσω της αύξησης της ζήτησης για διάφορα μέταλλα που απαιτούνται για την οικοδόμηση μιας πράσινης οικονομίας και

B) μέσω της απαλλαγής από τον άνθρακα των λειτουργικών και επιχειρηματικών διαδικασιών.

Ενώ ο τομέας των μετάλλων και των μεταλλείων είναι ένας από τους μεγαλύτερους παραγωγούς διοξειδίου του άνθρακα, εκπέμποντας περίπου 4,5 Gt ισοδύναμου CO₂ ετησίως, πολλοί από τους μεγαλύτερους ανθρακωρύχους στον κόσμο έχουν θέσει στόχους καθαρού μηδενικού άνθρακα, ανακοινώνοντας έργα για την "πράσινη" παραγωγή αλουμινίου, χαλκού, χάλυβα κλπ. Τα έργα μεγάλης κλίμακας καθαρού μηδενικού άνθρακα παραμένουν αόριστα, αλλά έχουν ληφθεί τουλάχιστον τα πρώτα βήματα για την απαλλαγή από τον άνθρακα

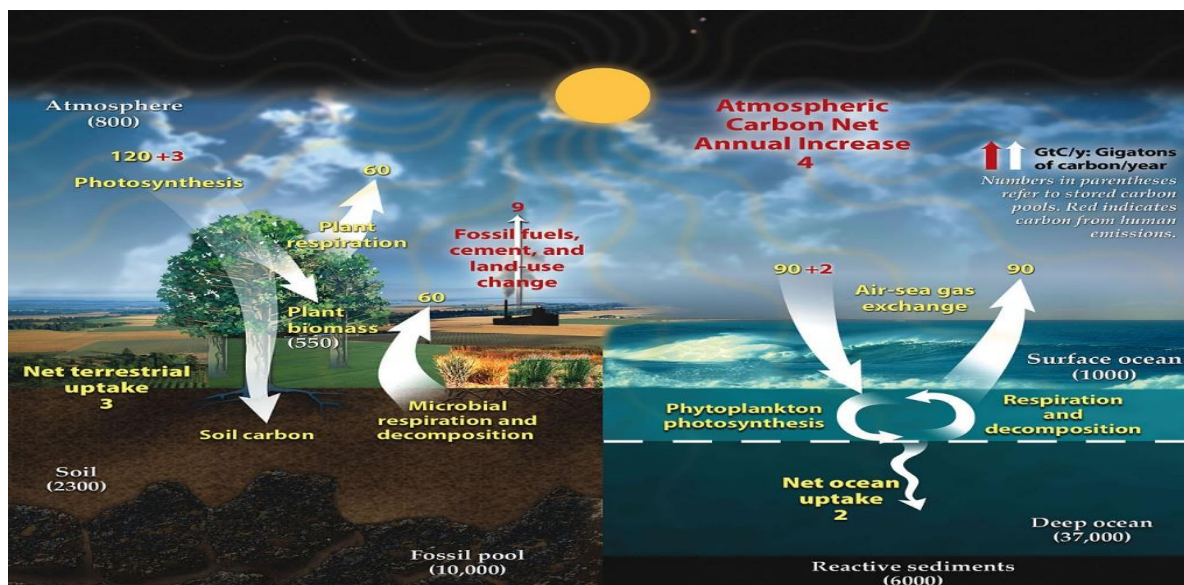
Στη βιομηχανία αλουμινίου υψηλής έντασης ενέργειας, οι πιο προηγμένες εταιρείες προσπαθούν να μεγιστοποιήσουν τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αλλά απέχουν ακόμη πολύ από την παραγωγή "πράσινου" αλουμινίου σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού. Τα έργα για την παραγωγή "πράσινου" νικελίου και χαλκού έχουν ανακοινωθεί τα τελευταία δύο χρόνια, αλλά απέχουν πολύ από την ολοκλήρωσή τους. Η απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές θα απαιτήσει τεράστιες επενδύσεις σε νέες τεχνολογίες, όπως η παραγωγή πράσινου υδρογόνου, η δέσμευση, η αποθήκευση και η μεταφορά άνθρακα. Ο τεχνολογικός μετασχηματισμός θα προκαλέσει σημαντικές επενδύσεις, οι οποίες θα αντικατοπτρίζονται στο νέο πράσινο χρέος και την προσφορά μετοχών. (elval)

Εκπομπές άνθρακα: όσο πιο εντατική είναι η τεχνολογία, τόσο πιο σημαντικό είναι το αποτύπωμα άνθρακα

Ο τομέας των μετάλλων και των μεταλλείων παράγει σήμερα ένα σημαντικό μέρος των παγκόσμιων εκπομπών CO₂. Αν παρθούν 1,83 τόνοι μέσης έντασης άνθρακα ανά τόνο παραγόμενου χάλυβα (σύμφωνα με την Παγκόσμια Ένωση χάλυβα) και πολλαπλασιαστούν με τη συνολική ετήσια παραγωγή χάλυβα 1.878 Mt, οι εκπομπές του τομέα του χάλυβα οδηγούν μόνο σε 3.436 Mt ισοδύναμου CO₂, που είναι περίπου το 10% των συνδυασμένων παγκόσμιων εκπομπών CO₂ 33,9 Gt το 2020. Το Διεθνές Ινστιτούτο αλουμινίου εκτιμά το συνδυασμένο αποτύπωμα άνθρακα από

τον τομέα αλουμινίου σε περίπου 1.050 τόνους CO₂ το 2019, ή το 3,0% των συνολικών παγκόσμιων εκπομπών.

Το συνολικό αποτύπωμα άνθρακα εκτιμάται, από χάλυβα, αλουμίνιο, χαλκό, νικέλιο, κοβάλτιο, σε περίπου 4,5 GT ισοδύναμου CO₂ το 2020 ή 13,5% των παγκόσμιων εκπομπών CO₂. (Riebeek, 2011)

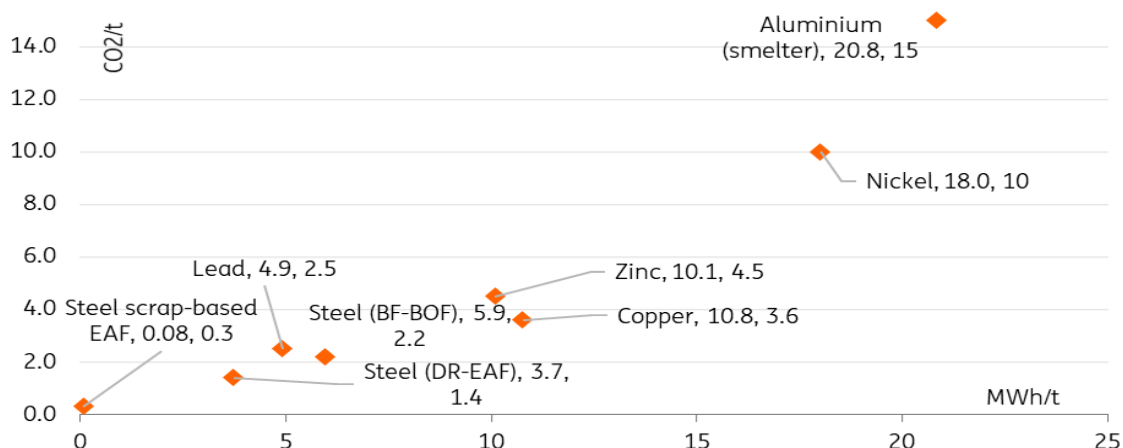


Εικόνα 10: Βιο-γεωχημικός κύκλος άνθρακα



Εικόνα 11: Ο παγκόσμιος κύκλος του άνθρακα. Οι αριθμοί αντιπροσωπεύουν τους γιγατόνους CO₂ που διακινούνται ετησίως κατά τον κύκλο του άνθρακα. Όπως φαίνεται, η συνεισφορά των ανθρωπογενών πηγών εκπομπής σε CO₂ αποτελούν μικρό κλάσμα (1Gt = 10^{12} kg CO₂)

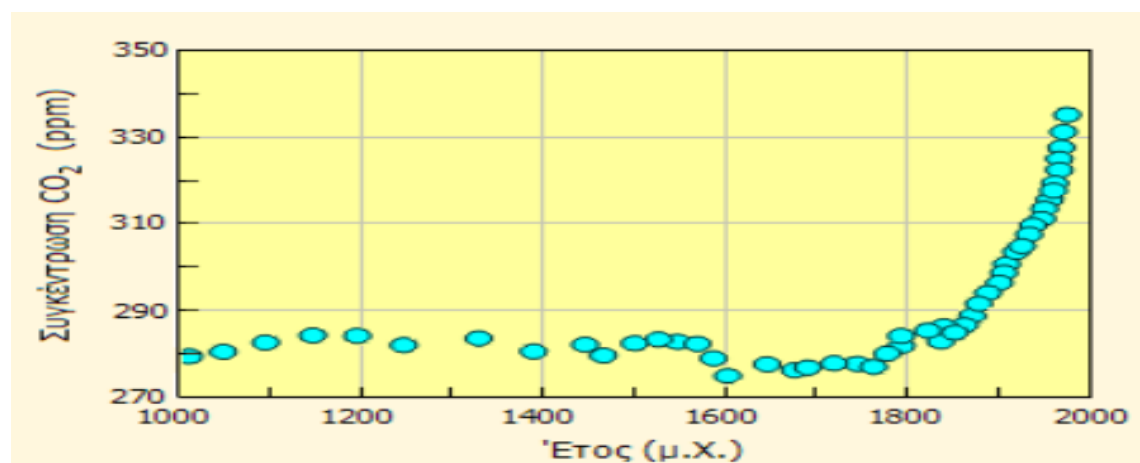
(Bougioukos, 2021), (Θανάσης Βαλαβανίδης, 2014)



Διάγραμμα 1.1: Άνθρακας και ενεργειακή ένταση τόνου παραγόμενου μετάλλου (Fedorov, 2021)

1.6.4 Χρήσεις και εφαρμογές του διοξειδίου του άνθρακα

Το CO₂ επειδή σε συνήθεις συνθήκες είναι αδρανές, δεν είναι τοξικό, είναι άφλεκτο, άοσμο, φθινό και εύκολα να παρασκευασθεί σε μεγάλες ποσότητες χωρίς προσμίξεις, χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τροφίμων, στη βιομηχανία πετρελαίου και βρίσκει εφαρμογές σε πλήθος καταναλωτικών προϊόντων που απαιτούν πεπιεσμένο, καθαρό, άφλεκτο και φθινό αέριο. Χρησιμοποιείται από τα αναβράζοντα δισκία βιταμινών και φαρμάκων μέχρι τις ανατινάξεις στα ορυχεία, όπως και για την εξολόθρευση εντόμων. (Θανάσης Βαλαβανίδης, 2014)



Διάγραμμα 1.2: Συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα κατά την τελευταία χιλιετία

1.7 Ελλάδα

Η μεταλλοτεχνία στην αρχαία Ελλάδα γνώρισε εξελίξεις, που της έδωσαν κλασική αξία. Και στους δυο βασικούς τομείς της, τον ποιοτικό (μεταλλοτεχνία ποιότητας) και τον διαμορφωτικό (μεταλλοτεχνία διαμορφώσεως) η αρχαιοελληνική μεταλλοτεχνία σημείωσε προόδους αντίστοιχες προς τον ελληνικό πολιτισμό της περιόδου. Οι λειτουργοί της, παρατηρώντας τις ιδιότητες που αποκτούσαν τα μέταλλα στα κρίσιμα σημεία θερμοκρασίας κατά την επεξεργασία τους, ξεχώρισαν αυτές τις ιδιότητες και χρησιμοποιώντας τις κατάλληλα, κατόρθωσαν και ποιοτικά να βελτιώσουν πολλά μέταλλα και τις χρήσεις τους να πολλαπλασιάσουν και την τεχνική της επεξεργασίας τους να προαγάγουν. Όσο για τη μεταλλοτεχνία διαμορφώσεως, οι πρόοδοί της φαίνονται από την ανάπτυξη των βασικών βιοτεχνικών κλάδων της αρχαιοελληνικής περιόδου, δηλαδή της νομισματοκοπίας, της κοσμηματοποιίας, της ανδριαντοποιίας, της οπλοποιίας και της σιδηρουργίας.

Τα κυριότερα μέταλλα, που χρησιμοποιούνται ευρέως στην αρχαιοελληνική μεταλλοτεχνία, ήταν τα παρακάτω.

- **Ο χρυσός:** Χρησιμοποιήθηκε βασικά στην κοσμηματοποιία, στη νομισματοκοπία, στην κατασκευή μικρών ειδών χρήσεως ή στολισμού (κύπελλα, αγαλματάκια, κορνίζες κ.α.), στην αγαλματοποιία και σε άλλες κατασκευές πολυτελείας.
- **Ο χαλκός:** Χρησιμοποιήθηκε σε μίγματα με κασσίτερο, δηλαδή σαν μπρούντζος (κρατέρωμα), στην ανδριαντοποιία, στην οπλοποιία, στην κατασκευή ορισμένων σφραγίδων (της νομισματοκοπίας κ.α.) και διαφόρων αντικειμένων, για τα οποία προσφερόταν καλύτερα από τον σίδηρο (τρίποδες, λεκάνες κ.α.). Αλλά και αμιγής ή επιμεταλλωμένος με χρυσό ή άργυρο ή κασσίτερο βρήκε διάφορες χρήσεις στη νομισματοκοπία, στην κατασκευή ειδών καθημερινής χρήσεως κ.α. Στην Ελλάδα δεν παράγεται πρωτογενής χαλκός από "ίδια" κοιτάσματα. Ο δευτερογενής χαλκός (από ανακύκλωση) που παράγεται δεν μπορεί να εκτιμηθεί με ακρίβεια διότι πραγματοποιείται σε μεγάλο βαθμό από ένα κύκλωμα παράνομων συλλεκτών και μεταποιητών που δεν ελέγχονται από την ελληνική πολιτεία. Εντούτοις, η μεταλλεία και μεταλλουργία του χαλκού ήταν ενεργή στον τόπο μας από τα αρχαία χρόνια, ειδικότερα στο χώρο του Αιγαίου. Κοιτάσματα χαλκού υπήρχαν και υπάρχουν και στην ηπειρωτική Ελλάδα, με αποκορύφωμα το μεγάλο κοίτασμα πορφυρικού τύπου (χρυσού-χαλκού) στις Σκουριές Χαλκιδικής. Στην περιοχή Λιμογάρδιου Λαμίας, υπάρχουν υπόγειες μεταλλευτικές στοές αλλά και χαλκομιγείς εκβολάδες που αποδεικνύουν τη λειτουργία και εκμετάλλευση αρχαίου μεταλλείου.
- **Ο σίδηρος:** Χρησιμοποιήθηκε σαν χάλυβας στην κατασκευή σκαπτικών και κοπτικών εργαλείων και στην οπλοποιία.
- **Ο άργυρος:** Χρησιμοποιήθηκε κυρίως στη νομισματοκοπία. Επίσης και στην κοσμηματοποιία κι άλλες πολυτελείς κατασκευές, σαν πολύτιμο μέταλλο.
- **Ο μόλυβδος:** Χρησιμοποιήθηκε στη σφραγιδοποιία, στην κατασκευή μέτρων βάρους (σταθμών), βαριδιών για τα δίκτυα, σωλήνων, διαφόρων μικροαγγείων, γραφίδων, σφαιρών (για τις σφενδόνες), ελασμάτων (φύλλων) για πολλές χρήσεις (για επικάλυψη επιφανειών, για γράψιμο κ.α.) και σαν συνδετικό μέσο στην οικοδομική. Επίσης για παρασκευή ψιμυθίου, χρωμάτων, φαρμάκων κ.α.

- **Ο κασσίτερος:** Σε κράμα με χαλκό αποτελεί τον μπρούντζο. Καθαρός ή σε κράμα με μόλυβδο χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή ιατρικών εργαλείων και στην επικασσιτέρωση χαλκίνων, σιδήρων κ.α. αντικειμένων.

Στην Ελλάδα απαντώνται φτωχά σιδηρονικελιούχα μεταλλεύματα (λατεριτικού τύπου) με μέση περιεκτικότητα σε νικέλιο περί το 1%. Τα ελληνικά σιδηρονικελιούχα μεταλλεύματα είναι τα μόνα κοιτάσματα νικελίου στην ΕΕ και η ετήσια παραγωγή τους από την εταιρία Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ κυμάνθηκε τα τελευταία χρόνια μεταξύ 1,9-2,3 εκατ. τόνους το χρόνο. Τα υπό εκμετάλλευση κοιτάσματα βρίσκονται στην Κεντρική και Βόρειο Εύβοια, στην Λοκρίδα της Στερεάς Ελλάδος και στην περιοχή της Καστοριάς. Στη περιοχή της Λάρυμνας από το 1953 βρίσκονται μεταλλουργικές εγκαταστάσεις παρασκευής σιδηρονικελίου με ταυτόχρονη εκμετάλλευση και του σιδηρονικελιούχου μεταλλεύματος μέσα στο οποίο απαντάται και το νικέλιο. Επίσης, στην Ελλάδα υπάρχουν πλούσια κοιτάσματα γαρνιερίτη, ενός μικτού πυριτικού άλατος νικελίου και άλλων μετάλλων (περιεκτικότητα σε Ni : 1 - 3%) στη Λάρυμνα (Χαλκιδική).

Εκτός από τα παραπάνω μέταλλα, οι αρχαίοι Έλληνες γνώριζαν και πολλά άλλα, τα οποία, καθαρά ή σε διάφορες ενώσεις, φυσικές ή τεχνητές, χρησιμοποιούσαν σε ποικίλες ανάγκες της μεταλλοτεχνίας τους, αλλά και άλλων τομέων της δραστηριότητός τους όπως στην ιατρική, στη φαρμακοτεχνία, στην κατασκευή καλλυντικών, στη χρωματοουργία κ.α. Τέτοια ήταν, ο ψευδάργυρος, ο υδράργυρος κ.α. (orykta.gr)

1.7.1 Σημασία χαλκού και αλουμινίου στην οικονομία και τη ζωή στην Ελλάδα

Όσον αφορά στην Ελλάδα αυτήν την εποχή, ο κλάδος της ελληνικής μεταλλουργίας αποτελεί κινητήρια δύναμη όχι μόνο για την ελληνική μεταποίηση και τη βιομηχανία εν γένει, αλλά και για το σύνολο της εθνικής μας οικονομίας. Τα βασικά μέταλλα συγκεκριμένα, που αποτελούν άνω του 0,50% του ΑΕΠ, επενδύουν σχεδόν το 8% της ετήσιας Ακαθάριστης Προστιθέμενης Αξίας (ΑΠΑ) που δημιουργούν και αποτελούν άνω του 22% των ελληνικών εξαγωγών μεταποιητικών προϊόντων (εξαιρουμένων των πετρελαιοειδών). Η μεταλλουργία αλουμινίου και χαλκού αποτελεί το 6% του συνόλου της αξίας παραγωγής της ελληνικής βιομηχανίας, διαμορφώνει μια ΑΠΑ άνω των 687 εκατ. ευρώ, στοιχείο που αποτελεί το 5,6% της ΑΠΑ του συνόλου της ελληνικής βιομηχανίας. Οι επενδύσεις στα δύο αυτά βασικά μέταλλα υπερβαίνουν το 21% της ΑΠΑ, με τις παραγωγικές επενδύσεις να ανέρχονται στο 17,6% της ΑΠΑ, όταν οι αντίστοιχοι δείκτες για το σύνολο της ελληνικής βιομηχανίας ανέρχονται σε 13,7% και 9,9%. Επιβεβαιώνεται έτσι ότι οι μεταποιητικοί κλάδοι αλουμινίου και χαλκού επενδύουν περισσότερο από όλους τους υπόλοιπους κλάδους της οικονομίας, συμβάλλοντας στην καινοτομία, τη διαφοροποίηση και τη βιώσιμη ανάπτυξη της επιχειρηματικότητας, και κατ' επέκταση της οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης.

Η συμβολή των εξαγωγών προϊόντων αλουμινίου και χαλκού στο σύνολο των ελληνικών εξαγωγών αγαθών είναι σημαντική. Το αλουμίνιο συγκεκριμένα είναι ο σημαντικότερος βιομηχανικός κλάδος μη σιδηρούχων μετάλλων στη χώρα μας και σύμφωνα με τα στοιχεία της Ελληνικής Ένωσης Αλουμινίου (ΕΛΕΑ), απασχολεί άμεσα άνω των 16.400 εργαζομένων και συνολικά 80.000 εργαζομένους, είναι ο δεύτερος πιο εξαγωγικός κλάδος της χώρας μας με εξαγωγές της τάξεως του 1,75 δισεκατομμυρίου, κάτι που αντιστοιχεί στο 5,2% των συνολικών εξαγωγών της χώρας και εμπορική παρουσία σε πάνω από 50 χώρες. Η δυναμική και εξωστρεφής

δράση των ελληνικών μεταλλουργικών επιχειρήσεων, οι οποίες απασχολούν στις τάξεις τους υψηλά ποσοστά εξειδικευμένους και καλύτερα αμειβόμενους από τους περισσότερους άλλους κλάδους της οικονομίας εργαζόμενους, ενισχύει την ανάπτυξη ενός οικοσυστήματος άλλων ελληνικών επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται παράλληλα σε διάφορους κλάδους και τομείς της οικονομίας μας, ενώ συνεισφέρει σημαντικά στην ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών και βέλτιστων διεθνών πρακτικών σε μια σειρά από εταιρικές λειτουργίες όπως η προστασία του περιβάλλοντος, η υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων, αλλά και η εταιρική διακυβέρνηση. Οι εγχώριες εταιρείες χαλκού και αλουμινίου συμβάλλουν στην κλιματική ουδετερότητα και στην κυκλική οικονομία, προσφέροντας βιώσιμα προϊόντα και εξατομικευμένες λύσεις σε δυναμικά αναπτυσσόμενες αγορές, όπως οι συσκευασίες τροφίμων και αναψυκτικών, η αυτοκινητοβιομηχανία, η ναυπηγική βιομηχανία, η θέρμανση και ο κλιματισμός, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και άλλες βιομηχανικές και μηχανολογικές εφαρμογές.

Παράλληλα, αποτελούν αναντικατάστατο μέρος της αλυσίδας αξίας που διαμορφώνεται από την εξόρυξη και προχωράει στη διαμόρφωση τελικών προϊόντων για βιομηχανικές ή καταναλωτικές χρήσεις και καταλήγει στην ανακύκλωση, ενώ έχουν επενδύσει σημαντικά για τον εκσυγχρονισμό της παραγωγικής τους βάσεως, τη μείωση του κόστους παραγωγής, την αύξηση της παραγωγικής τους δυναμικότητας και την επέκταση του προϊόντικού τους χαρτοφυλακίου. (Πάνος Λώλος, 2021)

1.7.2 Τομέας και Βιομηχανία μετάλλου στην Ελλάδα

Ο Τομέας του Μετάλλου περιλαμβάνει όλα τα στάδια επεξεργασίας των προϊόντων μετάλλου (τήξη, χύτευση κ.ά.) μέχρι τη μορφοποίησή τους σε χρηστικά αντικείμενα, ενώ, ευρύτερα, ενσωματώνει μια μεγάλη κατηγορία προϊόντων, από την εξόρυξη και το πρωτογενές στάδιο παραγωγής (ακατέργαστος χάλυβας, αλουμίνια, πρωτόχυτο αλουμίνιο), έως επεξεργασμένα βιομηχανικά προϊόντα, τα οποία διατίθενται ως τελικά προϊόντα. Ανάλογα με την πρώτη ύλη, τα προϊόντα του Τομέα του Μετάλλου διακρίνονται σε σιδηρούχα μέταλλα (ferrous metals) και μη σιδηρούχα μέταλλα (non ferrous metals). Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν προϊόντα όπως ο σίδηρος, ο χάλυβας και τα διάφορα κράματά τους, ενώ στη δεύτερη κατηγορία ανήκει το αλουμίνιο, ο χαλκός, το νικέλιο, το χρώμιο κ.ά.

Η βιομηχανία Μετάλλου θεωρείται αρκετά σημαντική για κάθε οικονομία, καθώς παρουσιάζει ιδιαίτερες διασυνδέσεις με άλλους κλάδους της οικονομίας και συνεισφορά σε αυτούς. Σε αρκετούς κλάδους οικονομικής δραστηριότητας (μηχανικές κατασκευές, οικοδομικά και τεχνικά έργα, καταναλωτικά αγαθά, αεροναυπηγική, ναυπηγική, αυτοκινητοβιομηχανία), η βιομηχανία Μετάλλου, αποτελεί τον πρώτο κρίκο, στην αλυσίδα προστιθέμενης αξίας. Λόγω των αυξημένων απαιτήσεων σε κεφάλαια, στην ευρωπαϊκή αγορά (αλλά και στην ελληνική) τείνουν να δεσπόζουν μεγάλες εταιρείες, ιδίως στην περίπτωση της εξόρυξης και της κατεργασίας πρωτογενούς αλουμινίου και προϊόντων χάλυβα. Ωστόσο, η πρώτη δραστηριότητα μεταποίησης για την προετοιμασία των μετάλλων προς χρήση σε άλλους κλάδους, η οποία συνδέεται στενά με την παραγωγή μετάλλων, διεξάγεται κατ' εξοχήν από μικρομεσαίες επιχειρήσεις.

Βασικά χαρακτηριστικά των βιομηχανιών Μετάλλου αποτελούν η ένταση κεφαλαίου, δεδομένου ότι απαιτούν επενδύσεις μεγάλης κλίμακας σε τεχνολογία και εξοπλισμό, με εξαιρετικά μακρά διάρκεια χρήσης, η παρουσία εργαζομένων υψηλής εξειδίκευσης, καθώς και, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις των βασικών μεταλλουργικών

βιομηχανιών, η υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Το ενεργειακό κόστος αντιπροσωπεύει, συνήθως, ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό στη διάρθρωση του κόστους παραγωγής, ενώ η υψηλή κατανάλωση ενέργειας είναι συνυφασμένη με άμεσες και έμμεσες επιβαρύνσεις που απορρέουν από τις πολιτικές της ΕΕ για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

Στην Ελλάδα, παρόλο που δεν υπάρχει οικονομική δραστηριοποίηση σε όλους τους τομείς προϊόντων μετάλλου, (π.χ. αυτοκινητοβιομηχανία), όπως στο σύνολο της ΕΕ, **η βιομηχανία Μετάλλου έχει σημαντική συνεισφορά** στις κατασκευές και στην οικοδομική δραστηριότητα. **Τα βασικά χαρακτηριστικά του Τομέα Μετάλλου είναι:**

1. Ο κλάδος βασικών μετάλλων εξάγει περίπου το $\frac{1}{2}$ της παραγωγής του, καθιστώντας τον ως έναν από τους πλέον εξωστρεφείς κλάδους της ελληνικής οικονομίας. Έτσι, ενώ συνεισφέρει, μόλις, το 0,5% του ΑΕΠ, καλύπτει το 15% των εξαγωγών σε αγαθά.
2. Βασικό μειονέκτημα του Τομέα είναι η χαμηλή δυνατότητα αντιστάθμισης της επίδρασης των μεταβολών των τιμών στα περιθώρια κέρδους. Το μειονέκτημα αυτό σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι κύριες πηγές ζήτησης, δηλαδή οι κατασκευές και η μεταποίηση, διανύουν περίοδο σημαντικών ανακατατάξεων δημιουργούν επιπλέον προβλήματα.
3. Αποτέλεσμα των εξελίξεων αυτών είναι η συρρίκνωση του κύκλου εργασιών του Τομέα.
4. Υπάρχει σημαντική ανομοιογένεια μεταξύ των παραγόντων που επιδρούν στα παραγόμενα προϊόντα του Τομέα, π.χ. οι επιχειρήσεις χάλυβα / σιδήρου εισάγουν τις Α΄ ύλες, και επομένως είναι σημαντικά πιο εκτεθειμένες σε σχέση με τις επιχειρήσεις αλουμινίου, οι οποίες χρησιμοποιούν εγχώριες Α΄ ύλες.
5. Νέα δεδομένα θέτει η ταχεία ανάπτυξη χωρών, όπως η Κίνα, η Ρωσία, η Βραζιλία και η Ινδία, που, συνδυασμένα, είναι της τάξης του 80% για σιδηρούχα μέταλλα και 65% συνολικά. (Κυριαζής) , (ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ & ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ, 2013)

1.7.3 Προβλέψεις εξέλιξης του τομέα Μετάλλου

Παρά την αβεβαιότητα, στην οποία βρίσκεται η Ελληνική οικονομία και τη συνεπαγόμενη αβεβαιότητα για την εξέλιξη των επιμέρους επιχειρηματικών τομέων της, είναι εφικτή μία ικανοποιητική πρόγνωση της μελλοντικής εξέλιξης του Τομέα του Μετάλλου, μελετώντας και συνθέτοντας τα συμπεράσματα από πλήθος μελετών και ερευνών για τον Τομέα. Λαμβάνοντας, παράλληλα, υπόψη τις γενικότερες οικονομικές εξελίξεις σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο, τις πολιτικές που εκπορεύονται από ευρωπαϊκές και εθνικές κατευθύνσεις, την καινοτομία και την τεχνολογία καθώς και τη διαθεσιμότητα των πόρων, η μελέτη καταλήγει στην επιλογή των παρακάτω βασικών παραγόντων, όπου η πορεία και η αλληλεπίδραση τους προσδιορίζει την εξέλιξή του.

1. Ανάπτυξη- μεγέθυνση, ελληνικής / παγκόσμιας οικονομίας

Το ευρύτερο μακροοικονομικό περιβάλλον επηρεάζει κάθε τομέα, σε εθνικό, αλλά και διεθνές επίπεδο, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται και ο Τομέας του Μετάλλου. Η εξέλιξη του εισοδήματος στην ελληνική οικονομία, αλλά και σε άλλες περιοχές, όπως οι αραβικές χώρες, η ΝΑ Ευρώπη κ.ά., που αποτελούν εξαγωγικό προσανατολισμό του ελληνικού Τομέα Μετάλλου, επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό την πορεία του

Τομέα, ευρύτερα. Ταυτόχρονα, η εξέλιξη υποπαραγόντων της οικονομικής δραστηριότητας, όπως η ανάπτυξη των υποδομών (π.χ. σιδηροδρομικό δίκτυο), εκτιμάται ότι επηρεάζουν τον Τομέα του Μετάλλου.

2. Διεθνής / Εγχώριος Ανταγωνισμός

Η πρόσβαση στις πρώτες ύλες, η καθιέρωση ίσων όρων ανταγωνισμού για τα μέταλλα και τις πρώτες ύλες τους, στο πλαίσιο της εμπορικής πολιτικής και των εξωτερικών της σχέσεων με τις βιομηχανικές χώρες και τις αναδυόμενες οικονομίες, αποτελούν σημαντικά στοιχεία του ανταγωνισμού για τον Τομέα του Μετάλλου, σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Η παραγωγή των βιομηχανικών Μετάλλων είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα με το κόστος της ενέργειας να αντιπροσωπεύει έως και το 37% του κόστους παραγωγής, ενώ θα πρέπει να καταγραφεί και το υψηλό περιβαλλοντικό κόστος που επωμίζονται οι βιομηχανίες.

3. Τιμές και διαθεσιμότητα ενέργειας και πρώτων υλών

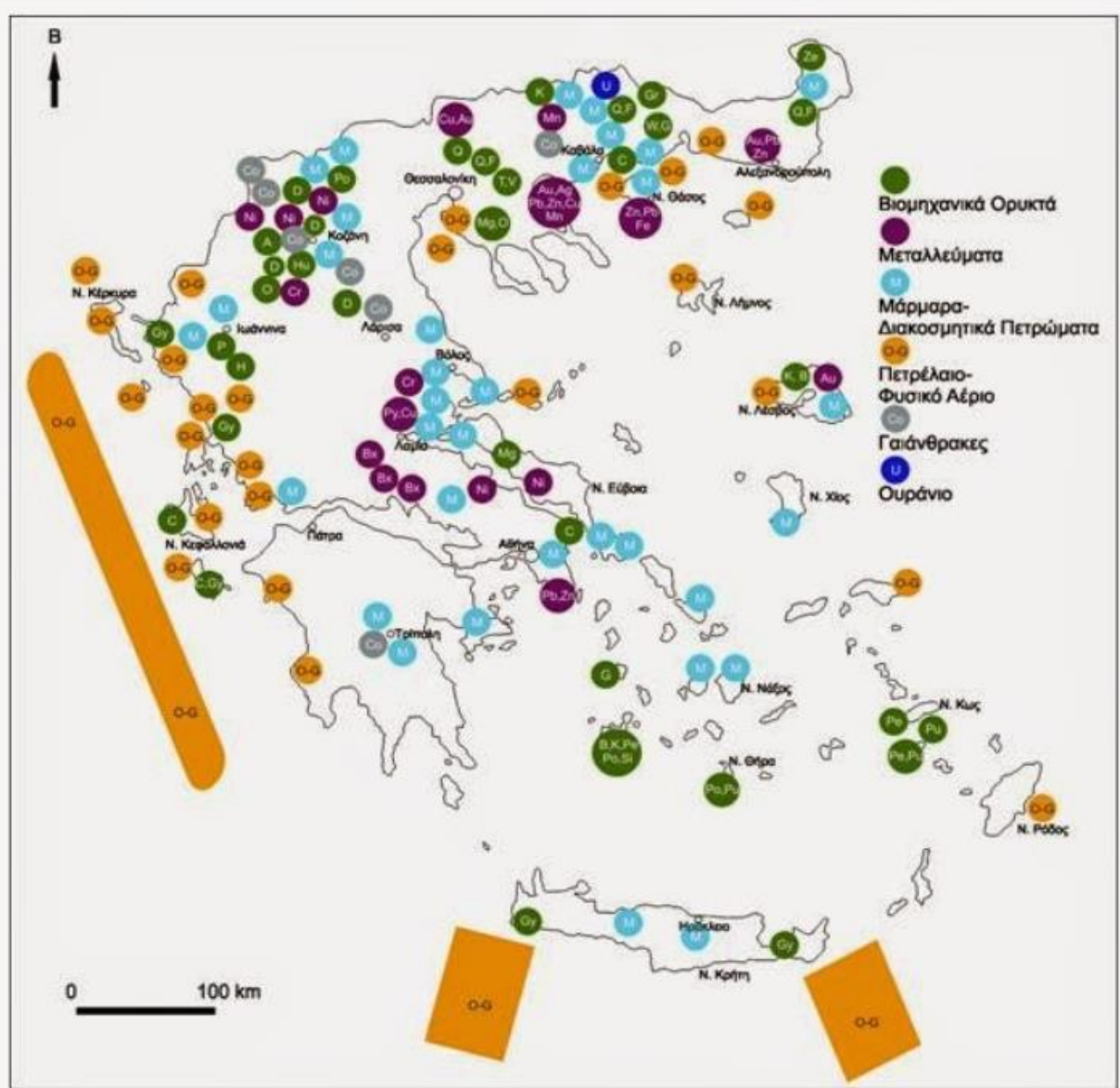
Η παραγωγή των προϊόντων Μετάλλου (σίδηρος, αλουμίνιο) είναι εντάσεως ενέργειας, με αποτέλεσμα η πορεία των τιμών και η διαθεσιμότητα των πηγών ενέργειας να καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την εύρυθμη λειτουργία των εταιρειών του Τομέα και της αγοράς ευρύτερα. Παράλληλα, οι τιμές που διαμορφώνονται για τα δύο αυτά βασικά προϊόντα, σε διεθνές επίπεδο, καθώς και οι μεταβολές της ζήτησης μετάλλου παγκοσμίως, επηρεάζουν την αγορά μετάλλου. Ταυτόχρονα οι εξελίξεις στον Τομέα του Μετάλλου, αναφορικά με τις έρευνες για υδρογονάνθρακες στη Μεσόγειο, εκτιμάται ότι θα επηρεάσει τον Τομέα, τα επόμενα έτη.

4. Τεχνολογία και Καινοτομία

Η τεχνολογία, αλλά και η ικανότητα καινοτομίας κρίνονται ως καθοριστικοί παράγοντες για τη διατήρηση της ανταγωνιστικότητας στον Τομέα του Μετάλλου, με την έρευνα και ανάπτυξη να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο σε επίπεδο προϊόντος, αλλά και μεθόδων παραγωγή

5. Ρυθμιστικό πλαίσιο – Περιβάλλον- Επιχειρηματικό Περιβάλλον

Οι περιβαλλοντικές ρυθμίσεις σχετικά με την παραγωγική διαδικασία των επιχειρήσεων επηρεάζουν την προοπτική της αγοράς, στο σύνολό της. Η ανάγκη για σημαντική μείωση των εκπομπών ρύπων, τόσο στην παραγωγή όσο και στην εφαρμογή των προϊόντων, εκτιμάται ότι μπορεί να μεταβάλλει τις ισορροπίες σε παγκόσμιο επίπεδο. Ταυτόχρονα, η ανακύκλωση προϊόντων μετάλλου, με την ενισχυμένη χρησιμοποίηση απομετάλλων, αναμένεται να αποτελέσει σημαντικό στοιχείο για τον Τομέα. Τέλος, το επιχειρηματικό περιβάλλον, με τις ιδιαίτερες συνθήκες που αναπτύσσονται σε παγκόσμιο επίπεδο, επηρεάζει την εύρυθμη λειτουργία των επιχειρήσεων του Τομέα. (Ανανίας Τσιραμπίδης, 2011)



Βιομηχανικά ορυκτά & πετρώματα

A=Αταπουλίτης, B=Μπεντονίτης, C=Λευκά ανθρακικά, D=Διατομίτης, F=Αστριοί, G=Γρανάτης, Γt=Γραφίτης, Gy=Γύνος, H=Ορυκτό άλας, Hu=Χουντίτης, K=Καολίνη, Mg=Μαγνησίτης, O=Ολιβίνης, P=Φωσφορίτες, Re=Περλίτης, Ρο=Ποξολάνη, Ρu=Κίσσηρη, Q=Χαλαζίας, Si=Αμορφη πυριτία, T=Τάλκης, V=Βερμικουλίτης, W=Βολαστονίτης, Z=Ζεόλιθος.

Μάρμαρα-Διακοσμητικά πετρώματα

M=Λευκά έως έγχρωμα μάρμαρα, δολομίτες, τραβερτίνες, όνυχες, αλάβαστρο, ψαμίτες, σχιστόλιθοι, ηφαιστειακά πετρώματα, ζεολιθοφόροι τόφοι.

Μεταλλεύματα

Ag=Αργυρος, Au=Χρυσός, Bx=Βωξίτης, Cu=Χαλκός, Cr=Χρώμο, Fe=Σιδηροξείδια, Μπ=Μαγγάνιο, Ni=Νικέλιο, Pb=Μόλυβδος, Ρy=Σιδηροπυρίτης, Zn=Ψευδάργυρος.

Ενεργειακές ορυκτές πρώτες ύλες

Co=Γαϊάνθρακες, O-G=Πετρέλαιο-Φυσικό αέριο, U=ουρανούργο κοιτάσμα.

Εικόνα 12: Ελληνικές περιοχές που απαντώνται ορυκτά, μεταλλεύματα και ενεργειακές πρώτες ύλες

Κεφάλαιο 2° : Χρονοσειρές και μοντέλα πρόβλεψης

Η πρόβλεψη χρονοσειρών είναι μια ισχυρή μέθοδος για την πρόβλεψη μελλοντικών τάσεων και τιμών σε δεδομένα χρονοσειρών. Μπορεί να έχει τεράστια αξία για την ανάπτυξη μιας επιχείρησής, εάν υπάρχει πρόσβαση σε ιστορικές πληροφορίες με χρονική συνιστώσα. Αν και υπάρχει πληθώρα μεθόδων πρόβλεψης για να επιλεγθούν, οι περισσότερες από αυτές επικεντρώνονται σε συγκεκριμένες καταστάσεις και τύπους δεδομένων, γεγονός που καθιστά σχετικά εύκολη την επιλογή της κατάλληλης.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει ανάλυση όλων των εννοιών που είναι απαραίτητες για την κατανόηση της παρούσας Διπλωματικής καθώς και των δυο μοντέλων πρόβλεψης που θα χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση των ιστορικών δεδομένων τα οποία θα αποτελέσουν και θεμέλιο για τα συμπεράσματα. (Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης)

2.1 Βασικά στάδια στη διαδικασία πρόβλεψης

1. Καθορισμός Προβλήματος (Problem Definition)

Τις περισσότερες φορές είναι το πιο δύσκολο μέρος στη διαδικασία πρόβλεψης και ταυτόχρονα το πιο σημαντικό. Αυτό συμβαίνει διότι θα πρέπει να καταστούν σαφή και κατανοητά ορισμένα θέματα, όπως το πώς θα χρησιμοποιηθούν οι προβλέψεις και από ποιους.

2. Συγκέντρωση Πληροφοριών (Gathering Information)

Σε αυτό το βήμα απαιτούνται τουλάχιστον δύο είδη πληροφοριών. Το πρώτο είναι τα στατιστικά (συνήθως αριθμητικά) δεδομένα και το δεύτερο η κρίση, η πείρα και η εμπειρία του προσωπικού που ασχολούνται με αυτή τη συλλογή για αυτό το χρονικό διάστημα. Επίσης οι παραπάνω πληροφορίες πρέπει να συλλεχθούν πριν ξεκινήσει η διαδικασία της πρόβλεψης.

3. Προκαταρκτική Ανάλυση (Exploratory Analysis)

Στο βήμα αυτό είναι σημαντικό το είδος της πληροφορίας που αποκομίζεται από τα ακατέργαστα ιστορικά δεδομένα. Αρχικά, αναπαρίστανται γραφικά τα δεδομένα και στη συνέχεια, υπολογίζονται κάποιοι βασικοί στατιστικοί δείκτες, όπως η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση, ελάχιστο, μέγιστο και γραμμική τάση. Οι παραπάνω δείκτες αναδεικνύουν κάποια δευτερεύοντα χαρακτηριστικά της χρονοσειράς. Σκοπός είναι να αποκτηθεί μία αίσθηση των δεδομένων, δίνοντας απαντήσεις σε ερωτήματα όπως αν υπάρχουν λανθασμένα πρότυπα, αν υπάρχει σημαντική τάση ή εποχικότητα και τέλος, αν υπάρχουν ασυνήθιστες τιμές (outliers). Η ανάλυση αυτή οδηγεί στην οικογένεια μοντέλων πρόβλεψης που λογικά αναμένεται να δώσει ικανοποιητικές προβλέψεις.

4. Επιλογή και Προσαρμογή Μοντέλου (Choosing & Fitting models).

Εδώ γίνεται η επιλογή και καθορισμός των παραμέτρων διάφορων ποσοτικών μοντέλων πρόβλεψης που έχουν επιλεγεί στο προηγούμενο βήμα.

5. Χρήση και αποτίμηση του μοντέλου πρόβλεψης (Using and Evaluating a forecasting model).

Στο τελικό στάδιο, αφού ένα μοντέλο έχει επιλεγεί υποκειμενικά και οι παράμετροι του έχουν, προηγουμένως, καθοριστεί, χρησιμοποιείται ώστε να παραχθούν προβλέψεις. Κατά την εξέλιξη της διαδικασίας, γίνεται αποτίμηση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων του μοντέλου και, εφόσον κριθεί απαραίτητο, επαναλαμβάνονται κάποια βήματα στη διαδικασία. (Αγαθάκη Αναστασία, 2020)

2.2 Χρονοσειρές

Η ακολουθία των παρατηρήσεων που αλλάζει τιμές σε ορισμένες χρονικές στιγμές ή περιόδους που ισαπέχουν μεταξύ τους ονομάζεται Χρονοσειρά ή Χρονολογική Σειρά (Time Series). Η επιλογή των παρατηρήσεων ενός μεγέθους γίνεται συνήθως με συγκεκριμένο χρονικό βήμα που ονομάζεται χρόνος δειγματοληψίας (Sampling Time). Παραδείγματα αποτελούν η μέτρηση της θερμοκρασίας κάθε ώρα ή η μέση θερμοκρασία κάθε ημέρας, η μεταβολή της συναλλαγματικής αξίας ανά λεπτό ή η τιμή μιας μετοχής στο κλείσιμο της ημέρας.

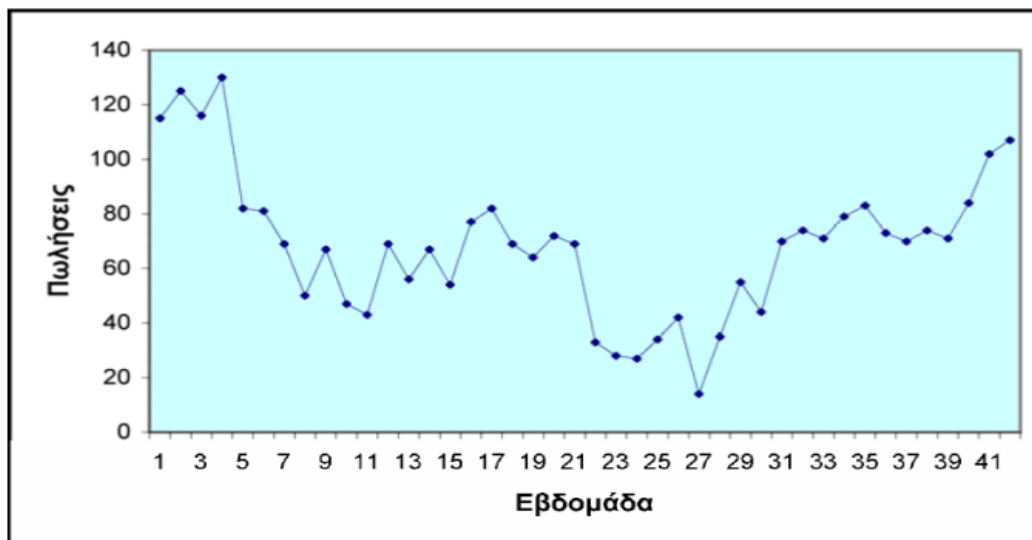
Τα μοντέλα χρονοσειρών που χρησιμοποιούνται είναι κατά βάση στοχαστικά μοντέλα. Σε πολλά προβλήματα χρειάζεται να αναλυθεί ένα χρονοεξαρτώμενο φαινόμενο στο οποίο υπάρχουν πολλοί άγνωστοι παράγοντες που αποτρέπουν τον ορισμό ενός προσδιοριστικού μοντέλου. Συστήματα τα οποία εξελίσσονται χρονικά κατά τρόπο που περιέχει, σε μικρό ή μεγάλο βαθμό, τυχαιότητα (stochasticity, randomness) και όχι κατά τρόπο προσδιοριστικό (deterministic) αποτελούν **μοντέλα στοχαστικών διαδικασιών (Stochastic Processes)**. Με τον όρο χρονοσειρά λοιπόν, εννοείται μία ακολουθία $\{X_t^n\} = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ για κάποια χρονική περίοδο n σε μονάδες δειγματοληψίας.

Για κάθε χρονική στιγμή t θεωρούνται οι παρατηρήσεις x_1, x_2, \dots, x_T ότι είναι συγκεκριμένες τιμές ή συγκεκριμένες πραγματοποιήσεις των τυχαιών μεταβλητών X_1, X_2, \dots, X_T και ότι επιπλέον οι τυχαίες μεταβλητές αυτές X_1, X_2, \dots, X_T είναι μέρος μιας άπειρης σειράς τυχαιών μεταβλητών η οποία ονομάζεται **στοχαστική διαδικασία**.

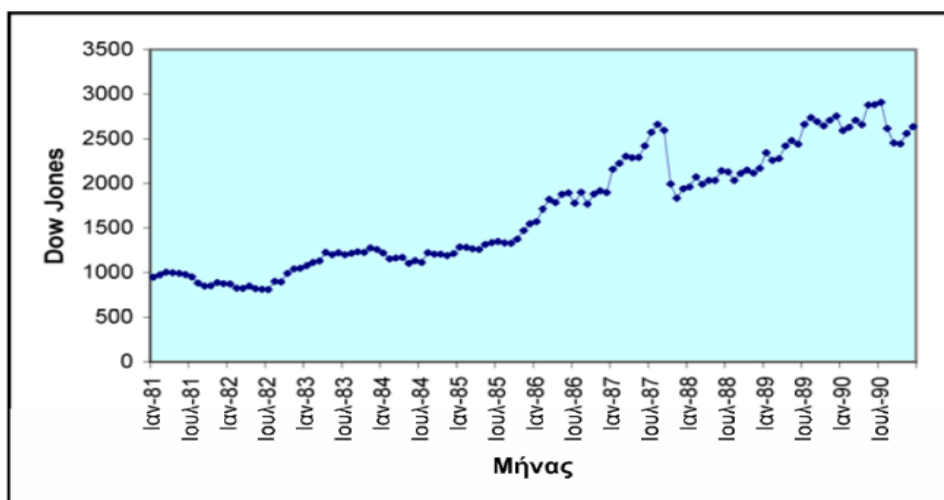
Παραδείγματα τέτοιων χρονοσειρών είναι:

- (i) Οι ημερήσιες, αεροπορικές και οδικές, αφίξεις τουριστών στη χώρα μας $\{x_t\}$ με $t = 1, 2, \dots$,
- (ii) Ο αριθμός $\{x_t\}$ πελατών μέσα σε ένα πολυκατάστημα κατά τη χρονική στιγμή t , με $t \in [0, T]$
- (iii) Οι εβδομαδιαίες πωλήσεις $\{x_t\}$ ενός προϊόντος στο χρονικό διάστημα $[0, t]$ με $t \geq 0$, (**Διάγραμμα 2.1**)
- (iv) Η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος καθώς και η ημερήσια κατανάλωση ύδατος, $\{x_t\}$ και $\{y_t\}$ αντίστοιχα, σε μία μεγάλη γεωγραφική περιοχή της χώρας με $t = 1, 2, \dots$,
- (v) Οι οικονομικές χρονοσειρές, όπως οι μέσες μηνιαίες τιμές κλεισίματος του δείκτη Dow Jones ή το ετήσιο ακαθάριστο εθνικό προϊόν, $\{x_t\}$ και $\{y_t\}$ αντίστοιχα, με $t = 1, 2, \dots$, (**Διάγραμμα 2.2**)

(vi) Οι μετεωρολογικές χρονοσειρές, όπως η θερμοκρασία περιβάλλοντος και ατμοσφαιρική πίεση, $\{x_t\}$ και $\{x_t\}$ αντίστοιχα, σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή με γεωγραφικές συντεταγμένες (l, a, h) κατά τη χρονική στιγμή t . Εδώ η χρησιμοποιούμενη παράμετρος t είναι περισσότερο σύνθετη και πιο συγκεκριμένα $t = (l, a, h)$. (ΛΟΪΖΟΥ, 2020)



Διάγραμμα 2.1: Η χρονοσειρά των πωλήσεων ενός προϊόντος τις τελευταίες 42 εβδομάδες. (ΛΟΪΖΟΥ, 2020)



Διάγραμμα 2.2: Μέσες μηνιαίες τιμές του δείκτη Dow Jones για τα έτη 1982 έως 1990 (ΛΟΪΖΟΥ, 2020)

Δεδομένου των παραπάνω παραδειγμάτων, διαπιστώνεται ότι οι χρονοσειρές μπορούν να αφορούν

- 1) διακριτά μεγέθη $\{x_t\}$ σε διακριτό χρόνο t (παραδείγμα i),
- 2) διακριτά μεγέθη $\{x_t\}$ σε συνεχή χρόνο t (παραδείγματα ii και iii),
- 3) συνεχή μεγέθη $\{x_t\}$ σε διακριτό χρόνο t (παραδείγματα iv και v) και
- 4) συνεχή μεγέθη $\{x_t\}$ σε συνεχή χρόνο t (παραδείγμα vi)

Οι χρονοσειρές παρουσιάζονται πολύ συχνά μέσω γραφημάτων γραμμών και χρησιμοποιούνται στην στατιστική, στην επεξεργασία σήματος, στην αναγνώριση

μοτίβων, στην οικονομετρία, στα μαθηματικά οικονομικών, στην πρόγνωση καιρού, στην σεισμική πρόβλεψη, στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, στη μηχανική ελέγχου, στην αστρονομία, στην μηχανική επικοινωνιών και σε μεγάλο βαθμό σε οποιοδήποτε τομέα των εφαρμοσμένων επιστημών και της μηχανικής που περιλαμβάνει χρονικές μετρήσεις.

Η ανάλυση χρονοσειρών περιλαμβάνει μεθόδους για την ανάλυση δεδομένων χρονοσειρών προκειμένου να εξαχθούν σημαντικά στατιστικά στοιχεία και άλλα χαρακτηριστικά των δεδομένων. Η πρόβλεψη χρονοσειρών είναι η χρήση ενός μοντέλου για την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών βάσει προηγούμενων τιμών. Ενώ η ανάλυση παλινδρόμησης χρησιμοποιείται συχνά με τέτοιο τρόπο ώστε να ελέγχει τις θεωρίες που υποστηρίζουν ότι οι τρέχουσες τιμές μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων χρονοσειρών επηρεάζουν την τρέχουσα τιμή μιας άλλης χρονοσειράς, αυτός ο τύπος ανάλυσης των χρονοσειρών δεν ονομάζεται "ανάλυση χρονοσειρών", η οποία επικεντρώνεται στη σύγκριση τιμών μιας μόνο χρονοσειράς ή πολλαπλών εξαρτημένων χρονοσειρών σε διαφορετικά χρονικά σημεία. Η ανάλυση των διακοπτόμενων χρονοσειρών είναι η ανάλυση των παρεμβάσεων σε μία μόνο χρονοσειρά. (ΛΟΪΖΟΥ, 2020)

Σήμερα υπάρχουν πολλά προγράμματα Στατιστικής, τα οποία είναι εύκολο να εγκατασταθούν σε έναν υπολογιστή και είναι ιδιαίτερα φιλικά στον χρήστη. Έτσι, με μερικές απλές εντολές, που υπαγορεύονται από το ίδιο το πρόγραμμα, μπορούν να γίνουν και οι πιο πολύπλοκες στατιστικές αναλύσεις. Ο αναλυτής όμως, που χρησιμοποιεί τα προγράμματα αυτά, πρέπει να γνωρίζει καλά τη σχετική θεωρία, τη μέθοδο υπολογισμού καθώς και τους περιορισμούς της ανάλυσης, έτσι ώστε να είναι σε θέση:

- Να ελέγξει την ποιότητα των πληροφοριών, οι οποίες θα αποτελέσουν τη βάση της στατιστικής του ανάλυσης. Έτσι π.χ. και οι πιο προχωρημένες τεχνικές θα οδηγήσουν σε λανθασμένα συμπεράσματα, όταν εφαρμόζονται σε πληροφορίες, οι οποίες έχουν συγκεντρωθεί με λανθασμένη μεθοδολογία, ή από άτομα ανειδίκευτα και ανυποψίαστα για το σκοπό της έρευνας. Ένα από τα πιο χρονοβόρα και δύσκολα κομμάτια της πρόβλεψης είναι η συλλογή έγκυρων και αξιόπιστων δεδομένων.
- Να επιλέξει τη μέθοδο ανάλυσης, που είναι κατάλληλη για τα δεδομένα και τους σκοπούς της έρευνας.
- Να ερμηνεύσει, να αξιολογήσει τα αποτελέσματα και να σκιαγραφήσει τα συμπεράσματα σχετικά με το υπό μελέτη πρόβλημα.

Οι σύγχρονοι υπολογιστές οδήγησαν σε μια συσσώρευση ενός απίστευτα μεγάλου ποσού δεδομένων σχετικά με όλα σχεδόν τα θέματα. Το δύσκολο έργο, που αντιμετωπίζουν οι περισσότεροι αναλυτές, είναι πώς να βρουν σχετικά δεδομένα, που θα τους βοηθήσουν στην επίλυση των προβλημάτων τους. Τέσσερα κριτήρια μπορούν να εφαρμοστούν, για να καθοριστεί αν τα δεδομένα είναι χρήσιμα:

- Τα δεδομένα θα πρέπει να είναι αξιόπιστα και ακριβή. Θα πρέπει να συλλέγονται από αξιόπιστη πηγή και να δίνουμε σημασία στην ακρίβεια.
- Τα δεδομένα θα πρέπει να είναι σχετικά και αντιπροσωπευτικά των περιστάσεων, για τις οποίες θα χρησιμοποιηθούν.
- Τα δεδομένα θα πρέπει να είναι συνεπή. Να αναπροσαρμόζονται ανάλογα με τις συνθήκες.

- Τα δεδομένα θα πρέπει να είναι έγκαιρα. Θα πρέπει να συλλέγονται σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Γενικά, δύο τύποι δεδομένων ενδιαφέρουν τους αναλυτές.

1. Ο πρώτος τύπος είναι τα δεδομένα, που συλλέγονται σε ένα και μόνο σημείο στο χρόνο, π.χ. μία ώρα, μία μέρα, μία εβδομάδα, ένας μήνας.
 2. Ο δεύτερος τύπος είναι παρατηρήσεις των δεδομένων, που γίνονται με την πάροδο του χρόνου. Όταν όλες οι παρατηρήσεις προέρχονται από την ίδια χρονική περίοδο τα δεδομένα ονομάζονται ομαδοποιημένα διαστρωματικά δεδομένα (cross – sectional data)
- **Με την γραφική παράσταση μιας χρονοσειράς εννοείται** η καμπύλη που παράγεται σε ένα σύστημα ορθογωνίων αξόνων, όπου ο οριζόντιος άξονας είναι ο χρόνος και ο κατακόρυφος οι μετρούμενες τιμές του μεγέθους στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα που μετριέται. Με την βοήθεια της γραφικής παράστασης μιας χρονολογικής σειράς μπορούν να γίνουν ορισμένες γρήγορες διαπιστώσεις, όπου ανακαλύπτονται περιοδικότητες, τάσεις και άλλα. Επίσης, υπάρχουν περισσότερο σύνθετες και προχωρημένες περιγραφές, που γίνονται με την βοήθεια των στοχαστικών μοντέλων.
 - **Μία από τις κυριότερες μεθόδους ανάλυσης χρονοσειρών** είναι η μέθοδος της αυτοσυσχέτισης (autocorrelation), όπου η χρονοσειρά αναπαρίσταται με ένα δυναμικό μοντέλο (μοντέλο ARIMA – διαδικασία Box & Jenkins) και οι παρατηρήσεις σχετίζονται με το παρελθόν τους.

2.2.1 Χαρακτηριστικά χρονοσειρών

Οι χρονοσειρές είναι ιστορικά δεδομένα που απαρτίζονται από διαδοχικές παρατηρήσεις μέσα σε ένα χρονικό διάστημα. Οι παρατηρήσεις γίνονται ανά σταθερό χρονικό βήμα και μπορούν να είναι ετήσιες, τριμηνιαίες, μηνιαίες, εβδομαδιαίες, ημερήσιες κτλ. **Τα χαρακτηριστικά** αυτών των παρατηρήσεων είναι τα εξής :

- **Στασιμότητα (Stationary)**, η σειρά έχει ένα σταθερό και προβλέψιμο μοτίβο που δεν αλλάζει με την πάροδο του χρόνου. (LaBarr, What is Stationarity, 2020)
- **Τάση (Trend)**, όταν υπάρχει μια μακροπρόθεσμη αύξηση ή μείωση του επιπέδου των τιμών.
- **Εποχικότητα (Seasonal)**, όταν η χρονοσειρά επηρεάζεται από εποχιακούς παράγοντες.
- **Κυκλικότητα(Cyclical)**, όταν οι τιμές αυξομειώνονται, αλλά όχι σε σταθερές περιόδους.
- **Ασυνέχειες (outliers)**, οι οποίες οφείλονται είτε σε ασυνήθιστες τιμές, είτε σε αλλαγή επιπέδου (level shift).
- **Τυχασιότητα (Irregular-Random)**, όταν υπάρχουν διακυμάνσεις λόγω τυχαίων γεγονότων

Οι περισσότερες μέθοδοι προβλέψεων στηρίζονται, σε κάποιο βαθμό, στις βασικές έννοιες της στατιστικής ανάλυσης. Για αυτό το λόγο θα κάνουμε μια σύντομη αναφορά στους πιο βασικούς στατιστικούς δείκτες. (Νικολάου, 2007)

- **Μέση τιμή (mean) :**
$$Mean = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$
- **Διάμεσος (median)**
- **Mean Absolute Deviation :**
$$MAD = \frac{1}{n} \sum |Y_i - \bar{Y}|$$
- **Mean Square Deviation :**
$$MSD = \frac{1}{n} \sum (Y_i - \bar{Y})^2$$
- **Διακύμανση (Variance) :**
$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum (Y_i - \bar{Y})^2$$
- **Τυπική Απόκλιση (Standard Deviation) :**
$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (Y_i - \bar{Y})^2}$$
- **Συνδιακύμανση (Covariance) :**
$$COV_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum (X_i - \bar{X}) (Y_i - \bar{Y})$$
- **Συσχέτιση (Correlation) :**
$$r_{xy} = \frac{COV_{xy}}{S_x S_y} = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}, +1 \geq r_{xy} \geq -1$$
- **Αυτοδιακύμανση (Autocovariance) :**
$$C_k = \frac{1}{n} \sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y}) (Y_{t-k} - \bar{Y})$$
- **Αυτοσυσχέτιση (Aytocorrelation lagged k) :**
$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y}) (Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}$$

Επίσης, σκόπιμο είναι να παρουσιαστούν **τα κριτήρια αξιολόγησης των μεθόδων πρόβλεψης τα οποία χρησιμοποιούνται για την επιλογή της «κατάλληλης» μεθόδου**. Τα κριτήρια αυτά βασίζονται στις τιμές των αποκλίσεων των προβλεπόμενων τιμών από τις αντίστοιχες πραγματικές τιμές της χρονοσειράς. Όσο πιο μικρές είναι οι αποκλίσεις αυτές, τόσο πιο καλή θεωρείται ότι είναι η μέθοδος πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκε, δεδομένου ότι είναι σε θέση να προσδιορίζει, με σχετικά μεγάλη ακρίβεια, τις τιμές της χρονοσειράς. Αντίθετα, όσο περισσότερο απέχουν οι πραγματικές τιμές από τις προβλεπόμενες, τόσο λιγότερο αξιόλογη είναι η χρησιμοποιούμενη μέθοδος πρόβλεψης. (Νικολάου, 2007)

2.2.2 Στόχοι στην ανάλυση χρονοσειρών

Επιγραμματικά, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι οι στόχοι της ανάλυση χρονοσειρών είναι δυο.

1. Ο προσδιορισμός της φύσης του φαινομένου όπως παρουσιάζεται από τη σειρά των παρατηρήσεων.
2. Η πρόβλεψη των μελλοντικών τιμών της μεταβλητής με βάση την προηγούμενη συμπεριφορά της.

Γενικά, οι περισσότερες χρονοσειρές μπορούν να περιγραφούν από δύο βασικές κατηγορίες στοιχείων. Την τάση και την εποχικότητα.

- Η τάση αντιπροσωπεύει μια γενική συστηματική γραμμική ή πιο συχνά μη γραμμικών στοιχείων διαδικασία που αλλάζει με την πάροδο του χρόνου και δεν επαναλαμβάνεται, ή τουλάχιστον δεν επαναλαμβάνεται μέσα στα όρια του χρόνου που καλύπτουν τα στοιχεία μας.
- Η εποχικότητα μπορεί να έχει τυπικά παρόμοιας φύση, όμως, επαναλαμβάνεται σε συστηματικά διαστήματα με την πάροδο του χρόνου.

Αυτές οι δύο γενικές κατηγορίες στοιχείων μπορούν να συνυπάρχουν στην εξέλιξη των χρονοσειρών. Για παράδειγμα, οι πωλήσεις μιας εταιρίας μπορεί να αυξάνονται ραγδαία με το πέρασμα των ετών, αλλά εξακολουθούν να ακολουθούν και εποχικές τάσεις (π.χ., το 25% των ετήσιων πωλήσεων κάθε χρόνο τον Δεκέμβριο, ενώ μόνο το 4% τον Αύγουστο).

Συμπερασματικά : Η ανάλυση χρονοσειρών επιδιώκει να κατανοήσει τα μοτίβα στις αλλαγές με την πάροδο του χρόνου. Οι στατιστικοί αναφέρονται σε αυτά τα μοτίβα ως συστατικά μιας χρονοσειράς και περιλαμβάνουν τάσεις, κύκλους και ακανόνιστες κινήσεις. Όταν αυτά τα στοιχεία υπάρχουν σε μια χρονοσειρά, το μοντέλο πρέπει να λαμβάνει υπόψη αυτά τα μοτίβα για να παράγει ακριβείς προβλέψεις, όπως μελλοντικές πωλήσεις, ΑΕΠ και παγκόσμιες θερμοκρασίες.

Εκτός από αυτά τα μοτίβα, τα μοντέλα χρονοσειρών συνήθως ενσωματώνουν το γεγονός ότι ο χρόνος ρέει προς μία κατεύθυνση. Τα γεγονότα του παρελθόντος μπορούν να επηρεάσουν τις μελλοντικές παρατηρήσεις, αλλά όχι το αντίστροφο. Επιπλέον, τα γεγονότα κοντά στο χρόνο έχουν συχνά ισχυρότερη συσχέτιση από τις πιο μακρινές παρατηρήσεις. Ενώ αυτές οι ιδέες είναι προφανείς, οι στατιστικοί έπρεπε να τις ενσωματώσουν στο πώς λειτουργούν αυτά τα μοντέλα.

2.2.3 Συνεχείς – Διακριτές χρονοσειρές

Οι χρονοσειρές διακρίνονται σε συνεχείς και σε διακριτές.

- i. **Συνεχείς (continuous)** χρονοσειρές είναι αυτές, όπου η τιμή του φαινομένου παρατηρείται συνεχώς. Παράδειγμα συνεχών χρονολογικών σειρών είναι η συνεχόμενη καταγραφή της θερμοκρασίας του αέρα, ή συνεχής παρακολούθηση των σεισμών.
- ii. **Διακριτές (discrete)** χρονοσειρές είναι αυτές, όπου η τιμή του φαινομένου καταγράφεται σε ορισμένα χρονικά διαστήματα. Παράδειγμα διακριτών χρονολογικών σειρών είναι η τιμή μιας μετοχής ανά ημέρα, ή ο αριθμός των ηλιακών κηλίδων ανά έτος, όπου υπάρχουν τιμές σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα.

2.2.4 Συνιστώσες χρονοσειρών

Οι τιμές των χρονοσειρών που παρατηρούνται είναι το αποτέλεσμα της ταυτόχρονης επίδρασης τεσσάρων διαφορετικών συνιστωσών: της τάσης, της κυκλικότητας, της εποχικότητας και των τυχαίων κυμάνσεων. (Κυριακίδης)

Για τη στατιστική επεξεργασία χρονικών σειρών είναι ιδιαίτερα χρήσιμο να υποτεθεί ότι μια παρατηρούμενη χρονοσειρά μπορεί να αναλυθεί σε μη παρατηρήσιμες συνιστώσες σύμφωνα με τη σχέση: **$Y_t = L_t + S_t + C_t + I_t$ όπου,**

- Y_t = η παρατηρούμενη χρονοσειρά, ή κάποιος (συνήθως ο λογαριθμικός) μετασχηματισμός της
- L_t = η μακροχρόνια τάση
- C_t = η κυκλική συνιστώσα
- S_t = η εποχική συνιστώσα
- I_t = η άρρυθμη συνιστώσα

Η μακροχρόνια τάση εκφράζει τη μεταβολή στο επίπεδο της χρονοσειράς.

Η κυκλική συνιστώσα εκφράζει κυκλικές μεταβολές.

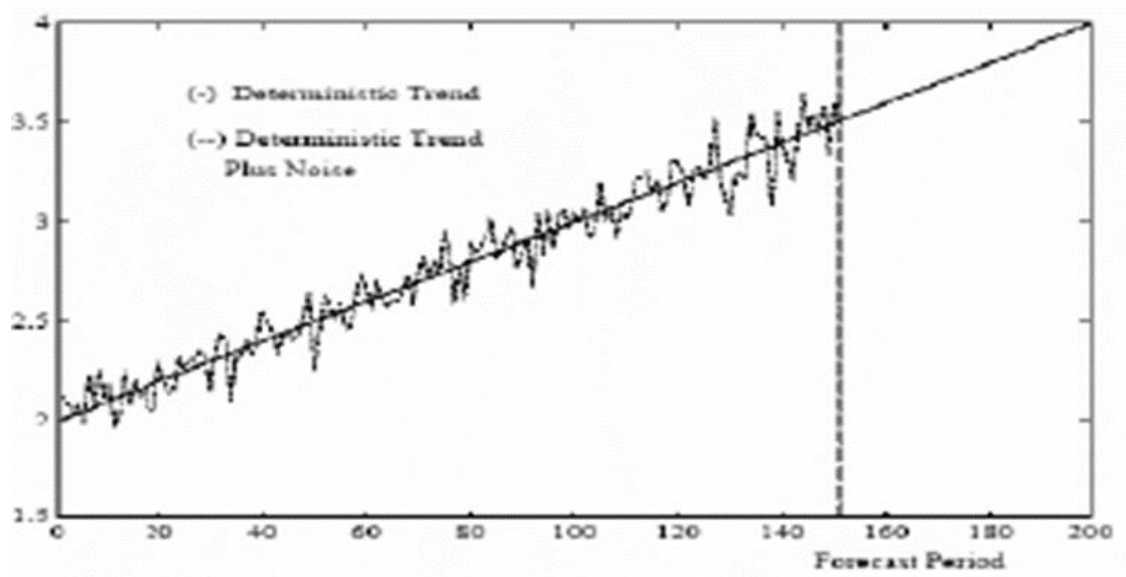
Η άρρυθμη ή μη συστηματική συνιστώσα (θόρυβος) εκφράζει το συνολικό αποτέλεσμα μη συστηματικών παραγόντων.

Ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο στην ανάλυση χρονοσειρών σε μη παρατηρήσιμες συνιστώσες είναι η λεγόμενη **φασματική ανάλυση**. Μία χρονοσειρά μπορεί να παρασταθεί γραφικά ως προς το χρόνο. Θα μπορούσε όμως στον οριζόντιο άξονα να χρησιμοποιηθεί αντί του χρόνου η συχνότητα οπότε στον κατακόρυφο άξονα παριστάνεται η φασματική ισχύς. Έτσι προκύπτει το φάσμα της χρονοσειράς. Κάθε περιοδική κύμανση περιόδου T αντιστοιχεί σε συχνότητα $\nu = 1/T$, ή κυκλική συχνότητα $\omega = 2\pi/T$. Οι μη συνιστώσες μίας χρονοσειράς σχεδιάζονται για να αναπαραστήσουν τις κυμάνσεις της σειράς για μία συγκεκριμένη περιοχή συχνοτήτων. Για παράδειγμα μία μη στάσιμη χρονοσειρά θα έχει φασματική ισχύ $\rightarrow \infty$ για $\nu \rightarrow 0$. Αναλυτικότερα :

- **ΤΑΣΗ (trend)**

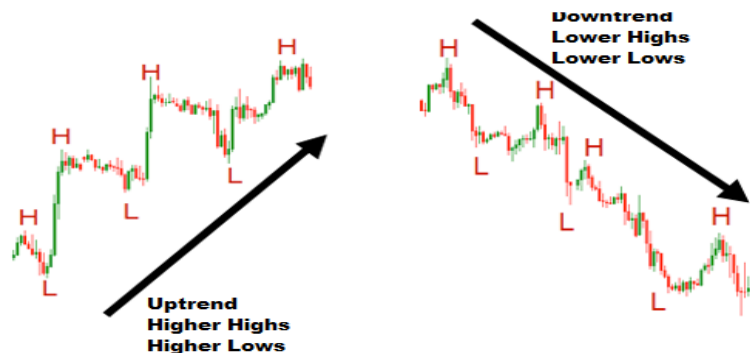
Τάση είναι η μακροχρόνια γενική κίνηση, που ακολουθεί η χρονοσειρά, που αναπαριστά την αύξηση, ή την πτώση των τιμών της σειράς σε μία εκτεταμένη περίοδο του χρόνου. Είναι, δηλαδή, η κατά μέσο όρο απαλλαγμένη από βραχυχρόνιες αυξομειώσεις εξέλιξη της σειράς για μεγάλες χρονικές περιόδους, συνήθως πάνω από 10 έτη. Γι' αυτό το λόγο καλείται και μακροχρόνια τάση και μπορεί να είναι ανοδική ή καθοδική. Η τάση θεωρείται ανύπαρκτη, όταν η κεντρική κίνηση της χρονοσειράς είναι παράλληλη προς τον άξονα του χρόνου, χωρίς να παρουσιάζει τάση προς αύξηση ή μείωση. Η τάση ενσωματώνει τις μακροχρόνιες εξελίξεις του προς μελέτη μεγέθους, που εκφράζει η μεταβλητή και είναι αποτέλεσμα της εξέλιξης της οικονομίας, των τεχνολογικών μεταβολών, των μακροχρόνιων αλλαγών των διαφόρων βιομηχανικών κλάδων, κ.λ.π.

Ορισμένες μέθοδοι προσδιορισμού της μακροχρόνιας τάσης είναι η μέθοδος των κινητών μέσων, η μέθοδος της ευθείας ελαχίστων τετραγώνων, η μέθοδος της καμπύλης ελαχίστων τετραγώνων και άλλα. Γενικά όταν η τάση σε μια χρονοσειρά μπορεί να περιγραφεί από κάποια γνωστή ή εκτιμώμενη συνάρτηση του χρόνου, $\mu(t) = f(t)$, ονομάζεται καθοριστική τάση (**deterministic trend**). Μπορεί όμως η τάση σε μια χρονοσειρά να μην είναι δυνατόν να περιγραφεί από μια γνωστή (παραμετρική) συνάρτηση του χρόνου, να παρουσιάζει δηλαδή αργές μεταβολές με το χρόνο αλλά όχι με κάποιο καθοριστικό τρόπο. Αυτή η τάση λέγεται στοχαστική (**stochastic trend**)



Διάγραμμα 2.3: Χρονοσειρά με μακροχρόνια τάση (Φωστηρόπουλος)

Απλούστερα, τάση είναι μια κίνηση προς σχετικά υψηλότερα υψηλά ή χαμηλότερα χαμηλά για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τα υψηλότερα υψηλά που ακολουθούν υψηλότερα χαμηλά ορίζονται ως ανοδική τάση, ενώ τα χαμηλότερα χαμηλά που ακολουθούνται από χαμηλότερα υψηλά ορίζουν μια πτωτική τάση. Εάν η κίνηση δεν παράγει πραγματικά υψηλότερα υψηλά ή χαμηλότερα χαμηλά, ονομάζεται **οριζόντια τάση**. Εάν για παράδειγμα υπάρχει μια ανοδική τάση, στατιστικά η τάση είναι πιο πιθανό να συνεχιστεί.



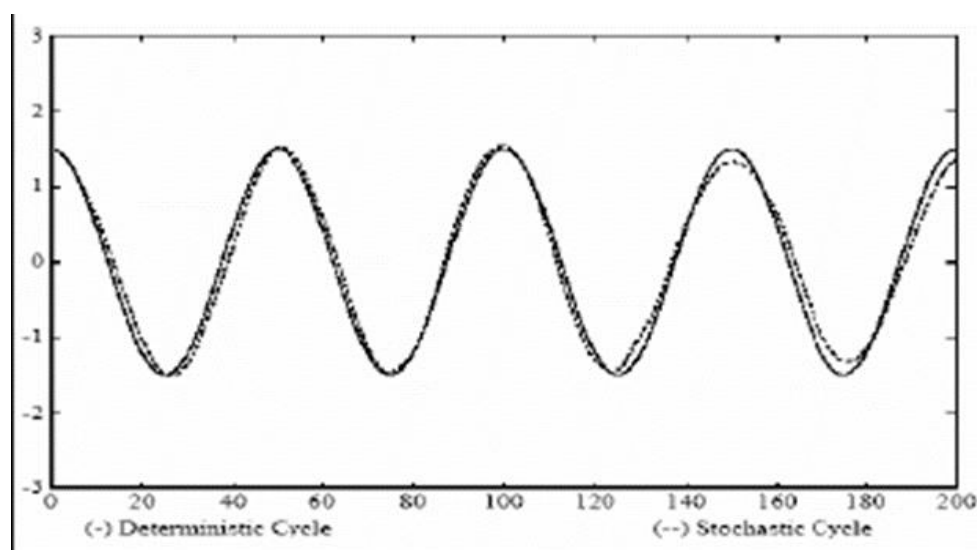
Εικόνα 13: Τάση

• ΚΥΚΛΙΚΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ

Η κυκλική συνιστώσα αντιπροσωπεύει εκείνες τις επαναλαμβανόμενες κυμάνσεις γύρω από την τάση, που η διάρκειά τους είναι μεγαλύτερη του έτους. Οι κυμάνσεις αυτές έχουν ανοδικές και καθοδικές φάσεις οι οποίες, συνήθως, διαρκούν μερικά έτη. Μία πλήρης κυκλική κύμανση αποτελείται από δύο κάτω σημεία καμπής (trough) και ένα άνω σημείο καμπής (peak), που χρονικά παρεμβάλλεται μεταξύ των δύο πρώτων. Ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών κάτω ή άνω σημείων καμπής αποτελεί την περίοδο της κυκλικής κύμανσης.

Η κυκλική κίνηση δεν ακολουθεί κανένα κανονικό μοντέλο αλλά κινείται απρόβλεπτα, για αυτό το λόγο στην πράξη οι κυκλικές αυξομειώσεις είναι οι πλέον δύσκολες να αντιμετωπιστούν. Η κυκλικότητα εμφανίζεται κυρίως σε οικονομικές χρονοσειρές, όπως το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν, λόγω των ανόδων και των υφέσεων που παρουσιάζουν οι οικονομίες.

Το κυριότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζεται στην εξέταση των οικονομικών κύκλων είναι ότι η διάρκεια τους δεν είναι σταθερή.



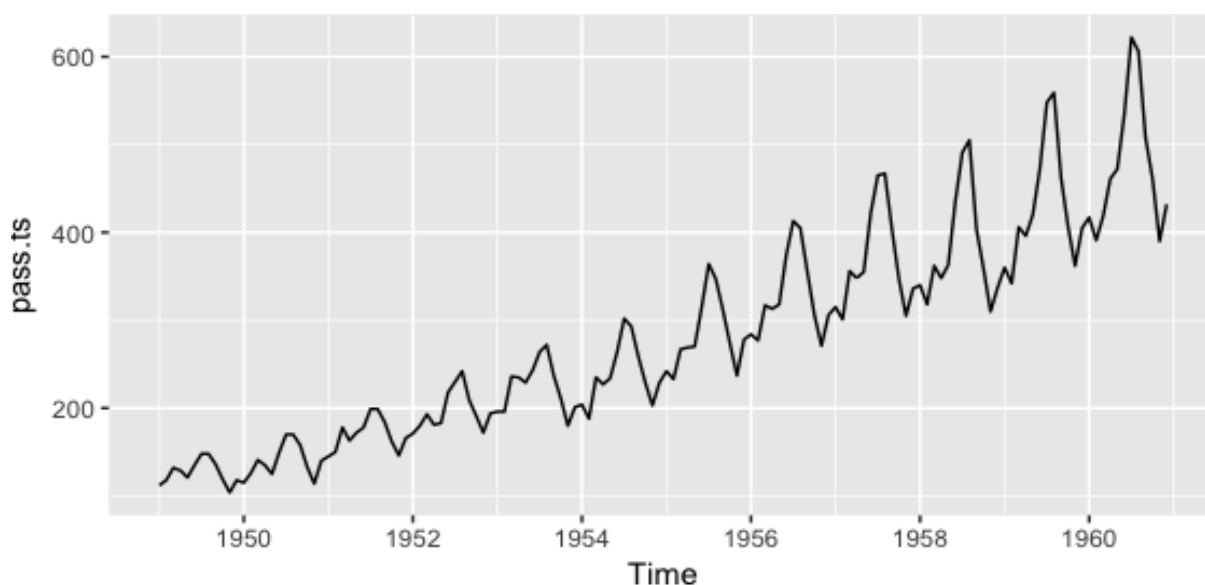
Διάγραμμα 2.4: Κυκλική συνιστώσα (Φωστηρόπουλος)

Ένα μοτίβο μέσα σε δεδομένα που περιλαμβάνει αυξήσεις και πτώσεις που δεν είναι καθορισμένης περιόδου, ονομάζεται **Κυκλικό μοτίβο**. Έτσι, ένα μοτίβο που δεν εμφανίζεται μέσα στο ίδιο ημερολογιακό έτος, είναι πιθανώς ένα κυκλικό μοτίβο. Αυτά τα μοτίβα διαρκούν αρκετά χρόνια και δεν έχουν επαναλαμβανόμενο μοτίβο σε κάθε χρόνο.

- **ΕΠΟΧΙΚΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ (seasonality)**

Η εποχική συνιστώσα είναι μια κυκλική κύμανση και περιοδική διότι επαναλαμβάνεται με συγκεκριμένη περίοδο. Είναι προφανές ότι η εποχική κύμανση εμφανίζεται μόνο στις χρονοσειρές με εποχικές παρατηρήσεις. Ο μεταβαλλόμενος αριθμός των εργάσιμων ημερών μεταξύ των μηνών του έτους, το διαφορετικό ωράριο των καταστημάτων κ.α. είναι μερικές από τις αιτίες των περιοδικών κυμάνσεων, που εμφανίζουν οι χρονοσειρές με εποχικά δεδομένα.

Εφόσον η εποχική διακύμανση παρουσιάζεται με συστηματικό τρόπο, είναι ένα χαρακτηριστικό εύκολα οπτικά αναγνωρίσιμο που μπορεί να μετρηθεί και να απομονωθεί, ώστε να μην επηρεάζει τα δεδομένα. Η νέα χρονοσειρά που προκύπτει ονομάζεται **αποεποχικοποιημένη χρονοσειρά**. (Φωστηρόπουλος)

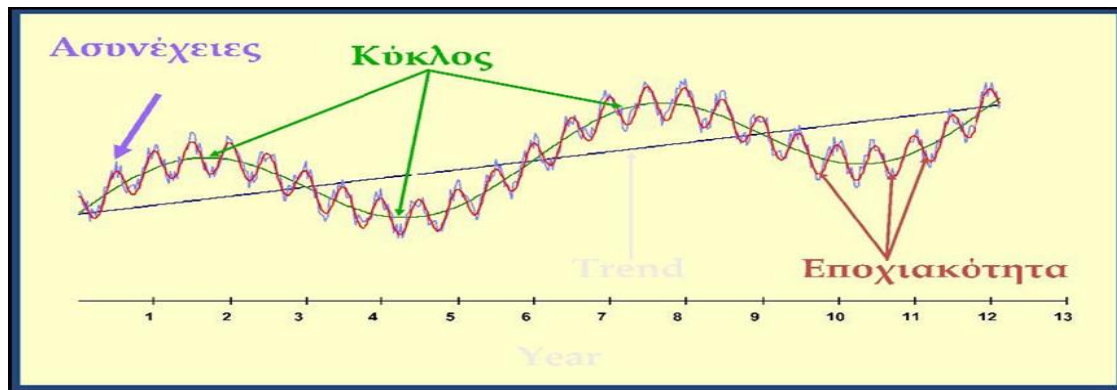


Διάγραμμα 2.5: Στο παραπάνω γράφημα το ίδιο μοτίβο παρατηρείται ετησίως.

- **ΤΥΧΑΙΑ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ**

Οποιαδήποτε επίδραση στη διαμόρφωση της τιμής της μεταβλητής, που δεν οφείλεται σε κάποια από τις παραπάνω συνιστώσες, θεωρείται τυχαία ή άρρυθμος κύμανση. Οι τυχαίες κυμάνσεις οφείλονται σε όλες εκείνες τις επιδράσεις που δεν είναι συστηματικές και επομένως δεν μπορούν να προβλεφθούν.

Παραδείγματα τέτοιων επιδράσεων είναι ξαφνικές εξαγγελίες κυβερνητικών μέτρων, απρόβλεπτες αλλαγές τιμών στη διεθνή αγορά, ασυνήθιστες κλιματολογικές συνθήκες, πολιτικές κρίσεις, φυσικές καταστροφές, κ.α. (Ketha, 2020)



Εικόνα 14: Τυχαία συνιστώσα

2.3 Μέθοδοι εξομάλυνσης

Για τη διενέργεια προβλέψεων υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός μεθόδων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με την εξεταζόμενη περίπτωση. Οι περισσότερες από αυτές αναπτύχθηκαν πριν από μερικές δεκαετίες και εφαρμόστηκαν σε ευρεία κλίμακα λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης κατάλληλων υπολογιστικών προγραμμάτων. Στόχος είναι η χρησιμοποίηση εκείνων των μεθόδων που είναι εύχρηστες, εφαρμόζονται συχνά και έχουν αποδειχθεί στην πράξη ότι δίνουν καλά αποτελέσματα. Μάλιστα, αν ληφθεί υπόψη η ευκολία με την οποία προσδιορίζονται οι προβλέψεις με τη χρήση των Η/Υ, τότε το κύριο βάρος της έρευνας θα πρέπει να εστιάζεται αφενός στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και αφετέρου στην επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου πρόβλεψης.

Εξομάλυνση περιλαμβάνει πάντα κάποια μορφής μέσο όρο έτσι ώστε τα μη συστηματικά στοιχεία (nonsystematic) των επιμέρους παρατηρήσεων να αλληλοαναιρούνται. Η πιο συνηθισμένη τεχνική είναι ένας **κινούμενος μέσος όρος** που αντικαθιστά κάθε στοιχείο της σειράς είτε από τον απλό ή σταθμισμένο μέσο όρο των n στοιχείων που τον περιβάλλουν, όπου n είναι το πλάτος της εξομάλυνσης. Διάμεσοι μπορεί να χρησιμοποιηθούν αντί των μέσων. Το κύριο πλεονέκτημα της διάμεσου σε σύγκριση με τον κινούμενο μέσο όρο είναι ότι τα αποτελέσματα είναι λιγότερο προκατειλημμένα από τις ακραίες τιμές. Έτσι, εάν υπάρχουν ακραίες τιμές στα δεδομένα (π.χ., λόγω σφαλμάτων μέτρησης), η διάμεση εξομάλυνση παράγει συνήθως ομαλότερη ή τουλάχιστον πιο «αξιόπιστη» καμπύλη από τον κινητό μέσο όρο με βάση το ίδιο πλάτος εξομάλυνσης. Τα κύρια μειονεκτήματα της διάμεσης εξομάλυνσης είναι ότι:

- ελλείψει σαφών ακραίων τιμών μπορεί να παράγει πιο "ακανόνιστες" καμπύλες από τον κινούμενο μέσο όρο και
- δεν αφήνει περιθώρια για στάθμιση των δεδομένων.

Η ανάλυση χρονοσειρών (time series analysis) ασχολείται αποκλειστικά με τη διερεύνηση της διαχρονικής συμπεριφοράς των τιμών μιας μεταβλητής, οι παρατηρήσεις της οποίας προέρχονται από χρονοσειρά. **Η πρόβλεψη των μελλοντικών τιμών της μεταβλητής σύμφωνα με την γραμμική ανάλυση χρονοσειρών μπορεί να προέλθει από τις ακόλουθες τρεις κατηγορίες μεθόδων προβλέψεων**

1. **Μέθοδοι εξομάλυνσης (smoothing methods):** είναι τεχνικές με τις οποίες προσδιορίζονται οι μελλοντικές τιμές μιας μεταβλητής με βάση τον τρόπο εφαρμογής τους. Οι τεχνικές αυτές ονομάζονται μέθοδοι εξομάλυνσης, διότι η δημιουργία των προβλέψεων προέρχεται από την εξομάλυνση της διαχρονικής εξέλιξης των τιμών της μεταβλητής, ώστε να αναγνωριστεί καλύτερα ο τρόπος συμπεριφοράς της. Ορισμένες από αυτές τις μεθόδους μπορούν να εφαρμοστούν και σε περιπτώσεις μικρού αριθμού παρατηρήσεων της μεταβλητής.
2. **Διάσπαση Χρονοσειρών (time series decomposition):** στηρίζεται στην υπόθεση ότι οι τιμές μιας χρονοσειράς σχηματίζονται από τα στοιχεία που τη συνθέτουν και τα οποία είναι η τάση, η κυκλικότητα, η εποχικότητα και η μη-κανονικότητα. Για τη δημιουργία των προβλέψεων με τη μέθοδο αυτή, η χρονοσειρά διασπάται στα ανωτέρω τέσσερα συνθετικά της στοιχεία και προσδιορίζεται η επιρροή που έχει καθένα από αυτά στη διαμόρφωση των τιμών της μεταβλητής.

Ανάλυση ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average Analysis): γνωστή και ως Box-Jenkins ανάλυση, είναι μια περισσότερο σύνθετη στατιστική μέθοδος από τις δύο προηγούμενες, με την οποία αναγνωρίζεται ο τρόπος δημιουργίας των τιμών της μεταβλητής. Με τη μέθοδο αυτή επιλέγεται από μια μεγάλη κατηγορία υποδειγμάτων, εκείνο που θεωρείται ως το πιο κατάλληλο για τη διαμόρφωση των προβλέψεων. (ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ, 2016)

2.4 Στασιμότητα

Το πρόβλημα στην ανάλυση χρονοσειρών είναι να εκτιμηθεί το σύστημα που παράγει τη χρονοσειρά και ενδεχομένως να πραγματοποιηθούν προβλέψεις μελλοντικών τιμών του μεγέθους που παρατηρείται. Η πρώτη υπόθεση που θα πρέπει να απορριφθεί για να έχει νόημα η ανάλυση της χρονοσειράς είναι ότι η μεταβολή των τιμών του μεγέθους που παρατηρείται είναι εντελώς τυχαία, δηλαδή το σύστημα που παρατηρείται είναι λευκός θόρυβος. Αν οι παρατηρήσεις της χρονοσειράς δεν είναι ανεξάρτητες, η πληροφορία που υπάρχει στη χρονοσειρά μπορεί να δίνεται με διαφορετικές μορφές και ένα χαρακτηριστικό που θα πρέπει να μελετηθεί πριν προσαρμοστεί κάποιο μοντέλο στη χρονοσειρά είναι η :

- **Στασιμότητα (stationarity) :** Υπάρχουν δύο ορισμοί της στασιμότητας. Ο πρώτος ορισμός είναι ο **ισχυρός ορισμός** (Strict Stationarity – ισχυρή στασιμότητα) και ο δεύτερος ο **ασθενής ορισμός** (Weak Stationarity – ασθενής στασιμότητα).

Κατά τον ισχυρό ορισμό μία χρονοσειρά είναι στάσιμη, όταν όλες οι ροπές είναι ανεξάρτητες του χρόνου, ή όταν οι ιδιότητες της δεν επηρεάζονται από μια αλλαγή στην αρχή μετρήσεως του χρόνου. **Κατά τον ασθενή ορισμό** μία χρονοσειρά είναι στάσιμη, όταν οι δύο πρώτες ροπές (μέση τιμή – διασπορά) είναι ανεξάρτητες του χρόνου. (Ανεξάρτητες του χρόνου δηλαδή σταθερές). Η εποχικότητα και η κυκλικότητα μπορούν να δώσουν ασθενώς στάσιμες χρονοσειρές στα όρια της στατιστικής που χρησιμοποιούνται (όρια εμπιστοσύνης). Ως παράδειγμα μιας ασθενώς στάσιμης χρονοσειράς είναι η ημιτονοειδής χρονοσειρά, η οποία είναι αυστηρώς περιοδική. Η χρονοσειρά αυτή είναι στάσιμη, διότι η μέση τιμή και η διασπορά είναι σταθερές και ανεξάρτητες του χρόνου.

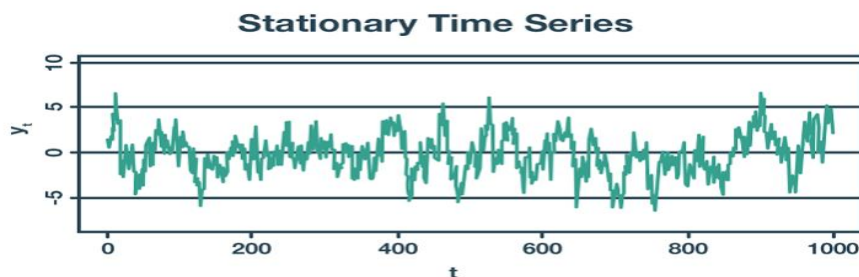
Με άλλα λόγια, εάν μια χρονοσειρά παρουσιάζει τάση, τότε αυτή δεν θα είναι στάσιμη.

Η στασιμότητα αποτελεί ένα βασικό χαρακτηριστικό των χρονολογικών σειρών, καθώς απλοποιεί την μελέτη τους. Έτσι, βασικός σκοπός της μεθόδου της ανάλυσης είναι να διαχωριστούν και να απομονωθούν τα διάφορα χαρακτηριστικά μιας χρονολογικής σειράς και κυρίως τα στάσιμα από τα μη – στάσιμα χαρακτηριστικά. Συνήθως, σε μια χρονολογική σειρά συνυπάρχουν τρία χαρακτηριστικά. Αυτά είναι η τάση, η περιοδικότητα – εποχικότητα και ο θόρυβος.

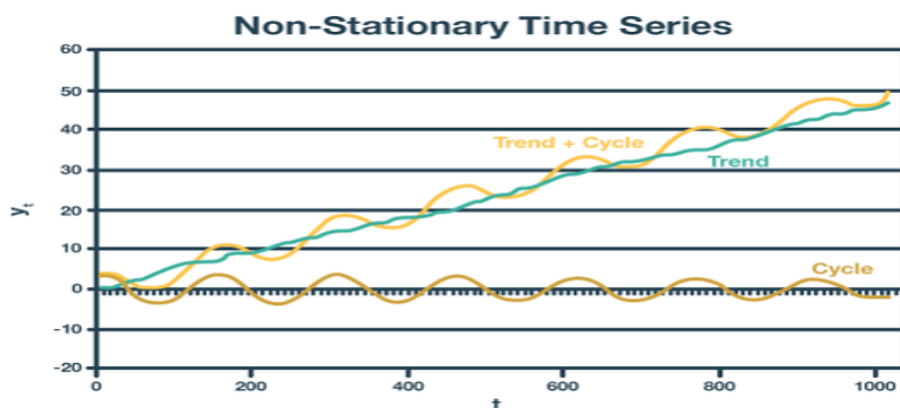
2.4.1 Σταθερές χρονοσειρές και μη σταθερές χρονοσειρές

Χρονικά σταθερή χρονοσειρά

- Ελεύθερη από τάσεις, αλλαγές ή περιοδικότητα
- Η μέση τιμή και η διακύμανση παραμένουν σταθερά με το χρόνο (stationary)
- Η μέση τιμή και η διακύμανση δεν παραμένουν σταθερά με το χρόνο (nonstationary)
 - ✓ Γενικά ετήσιες χρονοσειρές υποτίθεται ότι είναι σταθερές.
 - ✓ Για μικρότερο χρονικό βήμα από ένα έτος συνήθως η χρονική σειρά είναι nonstationary (Καθ. Αθανάσιος Λουκάς)



Διάγραμμα 2.6: Σταθερή χρονοσειρά



Διάγραμμα 2.7 : Μη σταθερή χρονοσειρά

Μια χρονοσειρά της οποίας οι στατιστικές ιδιότητες αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου ονομάζεται μη στατική χρονοσειρά. Έτσι, μια χρονοσειρά με τάση ή εποχικότητα είναι μη σταθερής φύσης. Αυτό συμβαίνει επειδή η παρουσία τάσης ή εποχικότητας θα επηρεάσει τη μέση τιμή, τη διακύμανση και άλλες ιδιότητες σε οποιαδήποτε δεδομένη χρονική στιγμή. (StackExchange, 2021)

2.4.2 Διαφορές ανάμεσα στις δύο αυτές χρονοσειρές

- i. Οι στατιστικές ιδιότητες μιας σταθερής χρονοσειράς είναι ανεξάρτητες από το χρονικό σημείο όπου παρατηρείται.

Οι στατιστικές ιδιότητες μιας μη στατικής χρονοσειράς είναι συνάρτηση του χρόνου όπου παρατηρείται.

- ii. Η μέση τιμή, η διακύμανση και άλλα στατιστικά στοιχεία μιας σταθερής χρονοσειράς παραμένουν σταθερά. Ως εκ τούτου, τα συμπεράσματα από την ανάλυση των σταθερών σειρών είναι αξιόπιστα.

Η μέση τιμή, η διακύμανση και άλλα στατιστικά στοιχεία μιας μη στατικής χρονοσειράς αλλάζουν με το χρόνο. Ως εκ τούτου, τα συμπεράσματα από την ανάλυση μιας μη σταθερής σειράς ενδέχεται να είναι παραπλανητικά.

- iii. Μια σταθερή χρονοσειρά επανέρχεται πάντα στον μακροπρόθεσμο μέσο όρο.

Μια μη σταθερή χρονοσειρά δεν επανέρχεται στον μακροπρόθεσμο μέσο όρο.

- iv. Οι σταθερές χρονοσειρές δεν θα έχουν τάσεις, εποχικότητα κ.λπ.

Παρουσία τάσεων, η εποχικότητα καθιστά μια σειρά μη στάσιμη.

2.4.3 Έλεγχος στασιμότητας χρονοσειράς

Εάν η χρονοσειρά είναι στάσιμη, τότε τα δεδομένα κυμαίνονται γύρω από ένα σταθερό μέσο, είναι δηλαδή ανεξάρτητα του χρόνου και η διακύμανση να παραμένει σταθερή ή όχι. Συνήθως είναι δυνατόν να ελεγχθεί η στασιμότητα με τη χρήση της γραφικής παράστασης της χρονοσειράς.

- Εάν δεν παρατηρείται αλλαγή της μέσης τιμής με την πάροδο του χρόνου, τότε η χρονοσειρά είναι στάσιμη ως προς τη μέση τιμή.
- Εάν δεν παρατηρείται αλλαγή της διακύμανσης με την πάροδο του χρόνου, τότε η χρονοσειρά είναι στάσιμη ως προς τη διακύμανση.

Το διάγραμμα των αυτοσυσχετίσεων μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της στασιμότητας ως προς τη μέση τιμή. **Οι αυτοσυσχετίσεις στάσιμων χρονοσειρών φθίνουν στο μηδέν με γρήγορο ρυθμό, ενώ για μη στάσιμες χρονοσειρές φθίνουν με αργό ρυθμό, καθώς αυξάνει ο αριθμός των καθυστερήσεων (Lags).** (Κυριακίδης, 2011)

2.4.4 Μετατροπή μη-στάσιμης χρονοσειράς σε στάσιμη

Η ιδιότητα της στασιμότητας είναι θεμελιώδης για την ανάλυση χρονοσειρών. Για να πραγματοποιηθεί η ανάλυση θα πρέπει να εξασφαλιστεί η στασιμότητα της χρονοσειράς. Εάν, η υπό μελέτη χρονοσειρά είναι μη-στάσιμη, θα πρέπει να μετατραπεί σε στάσιμη χρονοσειρά απαλείφοντας τις μεταβολές στις συνιστώσες της τάσης ή/και της περιοδικότητας. Μία χρονοσειρά μπορεί να αναλυθεί κάθε χρονική στιγμή στις συνιστώσες της μέσω κατάλληλων μαθηματικών υποδειγμάτων. Πιο συγκεκριμένα, από το προσθετικό μοντέλο για μία χρονοσειρά που συμβολίζεται ως X_t , ισχύει :

$$X_t = T_t + C_t + S_t + I_t \quad \text{όπου,}$$

- T_t είναι η τάση ως συνάρτηση του χρόνου,
- S_t είναι η συνιστώσα εποχικότητας ή περιοδικότητας (περιλαμβάνει και το C_t) για κάποια περίοδο d και ισχύει και $S_t = S_{t-d}$ και
- I_t είναι το κατάλοιπο, που συγκεντρώνει την πληροφορία (αν υπάρχει) για τη δυναμική του συστήματος απαλλαγμένο από τάση και περιοδικότητα. (Τσαούση, 2018)

• Απαλοιφή Τάσης

Εάν η μη-στασιμότητα της χρονοσειράς που μελετείται, οφείλεται μόνο στην ύπαρξη τάσης, τότε υπάρχουν τρεις μαθηματικοί μέθοδοι για την εξάλειψή της από το μοντέλο

1. Ο πρώτος τρόπος αφορά στην περίπτωση που η τάση μεταβάλλεται με κάποια γνωστή συνάρτηση ως προς το χρόνο. Σε αυτήν την περίπτωση, εφαρμόζοντας μία παραμετρική συνάρτηση του χρόνου $f(t)$, όπως μία πολυωνυμική συνάρτηση τάξης p , μπορεί να εξαλειφθεί η τάση.
2. Ένας άλλος τρόπος, που χρησιμοποιείται ευρέως καθώς αφορά κυρίως την απαλοιφή τάσης βασίζεται στον τελεστή διαφοράς τάξης p , στη χρονοσειρά X_t και συμβολίζεται ως με $\nabla^p X_t$.

$$X'_t = \nabla^p X_t$$

Ο μετασχηματισμός αυτός, θεωρητικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί όσες φορές χρειάζεται έως ότου απαλειφθεί η τάση από τη χρονοσειρά. Στην πράξη όμως, στις περισσότερες χρονοσειρές η τάση απαλείφεται με τις διαφορές πρώτων τάξεων.

3. Τέλος, ένας τρόπος απαλοιφής είναι ο μετασχηματισμός κινούμενου μέσου τάξης $2q+1$. Δηλαδή για κάθε στιγμή t ισχύει : $q < t \leq n - q$,

$$T_t = \frac{1}{2q+1} \sum_{j=-q}^q X_{t-j}$$

Σε αυτόν τον τρόπο, η επιλογή του q παίζει το πιο σημαντικό ρόλο. (ΛΟΪΖΟΥ, 2020)

- **Απαλοιφή Εποχικότητας ή Περιοδικότητας**

Κατά αντιστοιχία, εάν η μη-στασιμότητα της χρονοσειράς που μελετάται, οφείλεται μόνο στην ύπαρξη περιοδικότητας ή εποχικότητας, S_t , για κάποια περίοδο d τότε υπάρχουν τρεις μαθηματικοί μέθοδοι όμοιοι με αυτούς που αναφέρθηκαν για την απαλοιφή τάσης. Πιο συγκεκριμένα, για την εξάλειψή της περιοδικότητας ή εποχικότητας από το μοντέλο ισχύει πως εάν, η συνάρτηση της περιοδικότητας ή εποχικότητα μεταβάλλεται με βάση κάποια γνωστή παραμετρική περιοδική συνάρτηση ως προς το χρόνο. Επιτρέπεται η προσέγγιση για $S_t = f(t)$, για γνωστή περίοδο d με όμοιους τρόπους όπως στην μέθοδο απαλοιφής της τάσης (κινούμενο μέσο όρο) ή μέθοδος διαφορών. (ΛΟΪΖΟΥ, 2020)

- **Απαλοιφή Τάσης και Εποχικότητας ή Περιοδικότητας**

Στην περίπτωση που οι χρονοσειρές μεταβάλλονται και ως προς τις δύο κύριες συνιστώσες, αυτές της τάσης και της περιοδικότητας, χρησιμοποιείται συνδυασμός των προαναφερθέντων μεθόδων για την απαλοιφή τους και την μετατροπή των μη-στάσιμων χρονοσειρών σε στάσιμη.

- **Τελεστής Υστέρησης (Lag Operator)**

Στην ανάλυση χρονοσειρών χρησιμοποιείται ένας τελεστής που ονομάζεται τελεστής υστέρησης (Lag Operator) και συμβολίζεται με L ή B . Όπως υποδηλώνεται και από τον ορισμό του, ο εκθέτης αυτού του τελεστή δείχνει και τον αριθμό των φορών που θα πρέπει να υστερήσουμε τη χρονοσειρά.

Γενικά, για μία χρονοσειρά $X_{t-s} = B^s X_t$, δηλαδή ο εκθέτης του B , δηλώνει τον αριθμό των φορών υστέρησης.

Για παράδειγμα, η χρονοσειρά $X'_t = b_1 X_{t-1} + \varepsilon_t$, με τη βοήθεια του τελεστή υστέρησης B γράφεται ως $X'_t = b_1 B X_t + \varepsilon_t$. Πρόκειται για έναν ιδιαίτερα εύχρηστο τελεστή στην ανάλυση χρονοσειρών, καθώς χρησιμοποιείται και στην ανάλυση απαλοιφής συνιστωσών για την μετατροπή μη-στάσιμων σε στάσιμες χρονοσειρές και στις μεθόδους των στοχαστικών διαδικασιών. (StackExchange, What is lag in a time series?)

2.5 Lags (υστερήσεις)

Αυτή είναι η τιμή του χρονικού διαστήματος που εξετάζεται και ονομάζεται υστέρηση. Η αυτοσυσχέτιση με καθυστέρηση 1 είναι η συσχέτιση μεταξύ τιμών που απέχουν μεταξύ τους μία χρονική περίοδο. Γενικότερα, μια αυτοσυσχέτιση υστέρησης k είναι η συσχέτιση μεταξύ των τιμών που απέχουν μεταξύ τους οι χρονικές περίοδοι k .

Αναλυτικότερα, η αυτοσυσχέτιση είναι η συσχέτιση μεταξύ δύο τιμών σε μια χρονοσειρά. Με άλλα λόγια, τα δεδομένα των χρονοσειρών συσχετίζονται με τον εαυτό τους. Οι συσχετισμοί αυτοί αναφέρονται χρησιμοποιώντας τον όρο "υστερήσεις (lags)". Οι αναλυτές καταγράφουν δεδομένα χρονοσειρών μετρώντας ένα χαρακτηριστικό σε ίσα χωρισμένα διαστήματα, όπως καθημερινά, μηνιαία ή ετήσια. Ο αριθμός των διαστημάτων μεταξύ των δύο παρατηρήσεων είναι η υστέρηση. Για παράδειγμα, η υστέρηση μεταξύ της τρέχουσας και της προηγούμενης παρατήρησης είναι μία. Εάν επιστρέψει ένα ακόμη διάστημα, η καθυστέρηση είναι δύο και ούτω

καθεξής. Με μαθηματικούς όρους, οι παρατηρήσεις σε y_t και $y_t - k$ διαχωρίζονται από k μονάδες χρόνου. K είναι η υστέρηση. Αυτή η καθυστέρηση μπορεί να είναι ημέρες, τρίμηνα ή έτη ανάλογα με τη φύση των δεδομένων. Όταν $k=1$, αξιολογούνται γειτονικές παρατηρήσεις. Για κάθε υστέρηση, υπάρχει μια συσχέτιση.

2.6 Έλεγχος ανεξαρτησίας δεδομένων Χρονοσειράς

Όπως ισχύει για όλες τις τυχαίες μεταβλητές έτσι και για τις χρονοσειρές μία πολύ ισχυρή υπόθεση είναι η ανεξαρτησία και ισονομία των μεταβλητών που την απαρτίζουν. Δηλαδή, αν μία χρονοσειρά έστω η X_t αποτελείται από n ανεξάρτητες και ισόνομες τυχαίες μεταβλητές εξ' ορισμού θα ακολουθούν την ίδια κατανομή πιθανότητας και λέγεται χρονοσειρά ανεξάρτητων και ισόνομων τυχαίων μεταβλητών (independent and identically distributed, iid).

Θεωρητικά, μία ανεξάρτητη και ισόνομη χρονοσειρά (iid χρονοσειρά) είναι εντελώς τυχαία και δεν περιέχει αυτοσυσχετίσεις (γραμμικές ή μη-γραμμικές). Πρακτικά όμως, η ιδιότητα αυτή της ανεξαρτησίας και ισονομίας δεν ισχύει πάντοτε για αυτό και θα πρέπει να γίνεται έλεγχος της ανεξαρτησίας των δεδομένων της χρονοσειράς.

Έλεγχος ανεξαρτησίας επιτυγχάνεται μέσω του τεστ Portmanteau, το οποίο στηρίζεται στη μηδενική υπόθεση ότι για κάθε χρονική υστέρηση, **οι αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των δεδομένων της χρονοσειράς είναι μηδενικές, δηλαδή η χρονοσειρά είναι λευκός θόρυβος**. Αντίθετα, η εναλλακτική υπόθεση υποστηρίζει πως υπάρχουν αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των δεδομένων και κατ' επέκταση η χρονοσειρά δεν είναι λευκός θόρυβος.

Η ανεξαρτησία σε μια χρονοσειρά δηλώνει πως δεν υπάρχει καμιά πληροφορία να αντληθεί από τη μελέτη της και η πραγματοποίηση της αποτελείται από τυχαίες τιμές και η μόνη περιγραφή που δίνεται είναι στατική και περιορίζεται στην περιθώρια κατανομή της.

2.7 Τυχαία χρονική σειρά (White noise)

Το βασικό δομικό στοιχείο για όλες τις χρονοσειρές είναι ο **Λευκός Θόρυβος**.

Μια χρονική σειρά ονομάζεται τυχαία ή αλλιώς λευκός θόρυβος (white noise), όταν έχει τυχαία μεταβλητή. Σε μια τέτοια χρονική σειρά δεν υπάρχει κάποιο ευκρινές σχήμα ή πρότυπο και συμβολίζεται με u_t .

Τα χαρακτηριστικά της είναι ότι έχει σταθερό μέσο (συνήθως μηδέν), σταθερή διακύμανση και οι τιμές της δεν αυτοσυσχετίζονται. Γενικότερα για κάθε τιμή του t θα είναι:

$$E(u_t) = 0$$

$$\gamma_0 = E(u_t^2) = \sigma^2$$

$$\gamma_h = E(u_t, u_{t-h}) = 0 \text{ για } h \neq 0$$

Μια τέτοια σειρά είναι πάντα στάσιμη και έχει μηδενικούς συντελεστές αυτοσυσχέτισης και μερικής αυτοσυσχέτισης. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι

προηγούμενες τιμές της χρονικής σειράς δεν χρησιμεύουν καθόλου στις μελλοντικές προβλέψεις.

Αν θεωρηθούν διαδοχικά στοιχεία της χρονοσειράς ως τυχαίες μεταβλητές, τότε αυτές αποτελούν ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές με ίδια κατανομή (independent and identically distributed, iid). Μια iid χρονοσειρά είναι εντελώς τυχαία και δεν περιέχει αυτοσυσχετίσεις (γραμμικές ή μη-γραμμικές), δηλαδή δεν υπάρχουν συσχετίσεις μεταξύ των τυχαίων μεταβλητών της χρονοσειράς. Μια iid χρονοσειρά λέγεται και λευκός θόρυβος (white noise) και η κατανομή της συμβολίζεται **ως $WN(0, \sigma^2_\epsilon)$ με μέση τιμή 0 και διασπορά σ^2_ϵ** . Αν επιπλέον οι τυχαίες μεταβλητές της χρονοσειράς λευκού θορύβου ακολουθούν κανονική (Γκαουσιανή) κατανομή, τότε η χρονοσειρά λέγεται **Γκαουσιανός λευκός θόρυβος** (Gaussian white noise)

Ανακεφαλαιώνοντας, παίζει κρίσιμο ρόλο στα δεδομένα χρονοσειρών. Εάν μια χρονοσειρά είναι λευκός θόρυβος, είναι μια ακολουθία τυχαίων αριθμών και δεν μπορεί να προβλεφθεί. Εάν η σειρά των σφαλμάτων πρόβλεψης δεν είναι λευκός θόρυβος, υποδηλώνει ότι θα μπορούσαν να γίνουν βελτιώσεις στο προγνωστικό μοντέλο. (ritvikmath, 2019), (Nithin, 2021),

2.8 Διαφορά μεταξύ της ανάλυσης παλινδρόμησης (regression analysis) και της ανάλυσης συσχέτισης (correlation analysis).

Στην ανάλυση παλινδρόμησης η σχέση είναι προς μία κατεύθυνση μόνο. Δηλαδή αγνοεί την πιθανή επίδραση της εξαρτημένης μεταβλητής στις ανεξάρτητες μεταβλητές. Σε μερικές περιπτώσεις, κυρίως σε εργαστηριακά πειράματα, ο ερευνητής μπορεί να προκαθορίσει τις τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών και στη συνέχεια να παρατηρήσει το μέγεθος της εξαρτημένης μεταβλητής. Στην περίπτωση αυτή είναι φανερό, ότι η σχέση είναι προς μία μόνο κατεύθυνση. Σε πολλές περιπτώσεις όμως ο ερευνητής παρατηρεί συγχρόνως όλες τις μεταβλητές. Η ανάλυση παλινδρόμησης, για τέτοια δεδομένα, μπορεί και πάλι να χρησιμοποιηθεί, όταν ο σκοπός της μελέτης είναι η εύρεση της μεταβολής μιας εξ αυτών σε σχέση με τις υπόλοιπες.

Η ανάλυση συσχέτισης χρησιμοποιείται, όταν κάποιος θέλει να μελετήσει την ταυτόχρονη σχέση ενός συνόλου μεταβλητών. Στην ανάλυση συσχέτισης οι σχέσεις μεταξύ των διάφορων μεταβλητών δεν είναι, γενικώς, μονοκατευθυντικές. Ένα απλό παράδειγμα όπου η χρήση της ανάλυσης συσχέτισης είναι αναγκαία είναι το εξής: Ας υποθεθεί ότι κάποιος ερευνητής ενδιαφέρεται να μελετήσει την ταυτόχρονη μεταβολή (σαν συνάρτηση της ηλικίας) του ύψους και του βάρους κάποιου πληθυσμού. Ο σκοπός στην περίπτωση αυτή δεν είναι να περιγραφεί πως μεταβάλλεται το ύψος συναρτήσει του βάρους ή αντίστροφα, αλλά να μελετηθεί η από κοινού μεταβολή του ύψους και του βάρους στον εν λόγω πληθυσμό, από τα νήπια μέχρι τους ηλικιωμένους. Από την άλλη πλευρά, εάν στόχος είναι η πρόβλεψη του ύψους από το βάρος, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι ανάλυσης παλινδρόμησης. (GraphPad, 2020)

2.9 Η επιλογή μιας τεχνικής πρόβλεψης

Ορισμένα από τα ερωτήματα, που πρέπει να ληφθούν υπόψιν, προτού αποφασιστεί η κατάλληλη τεχνική πρόβλεψης για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα, είναι τα ακόλουθα:

- Γιατί χρειάζεται η πρόβλεψη;
- Ποιος θα χρησιμοποιήσει την πρόβλεψη;
- Ποια είναι τα χαρακτηριστικά των διαθέσιμων δεδομένων;
- Ποια χρονική περίοδο θα γίνει η πρόβλεψη;
- Ποιες είναι οι ελάχιστες απαιτήσεις σε δεδομένα;
- Πόση ακρίβεια είναι επιθυμητή;
- Ποιο είναι το κόστος της πρόβλεψης;

Για να γίνει η επιλογή της κατάλληλης τεχνικής πρόβλεψης σωστά, ο αναλυτής πρέπει να είναι σε θέση να εκτελέσει τα ακόλουθα:

- Να καθορίζει τη φύση του προβλήματος
- Να εξηγήσει τη φύση των δεδομένων, που αποτελούν αντικείμενο της έρευνας.
- Να περιγράψει τις δυνατότητες και τους περιορισμούς των δυνητικών τεχνικών πρόβλεψης.
- Να αναπτύξει κάποια προκαθορισμένα κριτήρια. (Κυριακίδης, 2011)

2.9.1 Μέθοδοι πρόβλεψης:

i. Τεχνικές πρόβλεψης για στάσιμα δεδομένα

Όταν οι συνθήκες που δημιουργούν τις χρονοσειρές έχουν σταθεροποιηθεί και το περιβάλλον δημιουργίας παραμένει αμετάβλητο. Π.χ. Ο αριθμός πτώσεων ενός συστήματος γραμμής παραγωγής με ομοιόμορφη παραγωγή, ο αριθμός πωλήσεων ενός προϊόντος στη φάση ωρίμανσης

Όταν οι χρονοσειρές μπορούν να μετατραπούν σε σταθερές π.χ. παίρνοντας τον λογάριθμο, ή τη τετραγωνική ρίζα, ή τις διαφορές των δεδομένων.

Σ' αυτή τη περίπτωση χρησιμοποιούνται η naïve μέθοδος, ο απλός ή κινητός μέσος όρος και τα AutoRegressive Moving Average (ARMA) μοντέλα.

ii. Τεχνικές πρόβλεψης για δεδομένα με τάση

Σ' αυτή τη περίπτωση χρησιμοποιούνται ο κινητός μέσος όρος, η παλινδρόμηση, οι εκθετικές εξομαλύνσεις, τα AutoRegressive Integrated Moving Average (ARIMA) μοντέλα και τα μοντέλα Gompertz και Bass.

iii. Τεχνικές πρόβλεψης για εποχικά δεδομένα

Σ' αυτή τη περίπτωση χρησιμοποιούνται η Winter – εκθετική εξομαλυνση, το Census X12 και τα AutoRegressive Integrated Moving Average (ARIMA) μοντέλα. (Κουτσοθανάση, 2015)

2.10 Συσχέτιση (correlation)

Στη στατιστική, η συσχέτιση ή η εξάρτηση αναφέρεται σε οποιαδήποτε στατιστική συσχέτιση μεταξύ δύο τυχαίων μεταβλητών ή διμεταβλητών δεδομένων, είτε αιτιωδών είτε όχι. Η συσχέτιση αναφέρεται σε οποιαδήποτε στατιστική συσχέτιση με την ευρύτερη έννοια, αλλά στην πραγματικότητα σχετίζεται με το βαθμό στον οποίο δύο μεταβλητές συνδέονται γραμμικά. (Statistical)

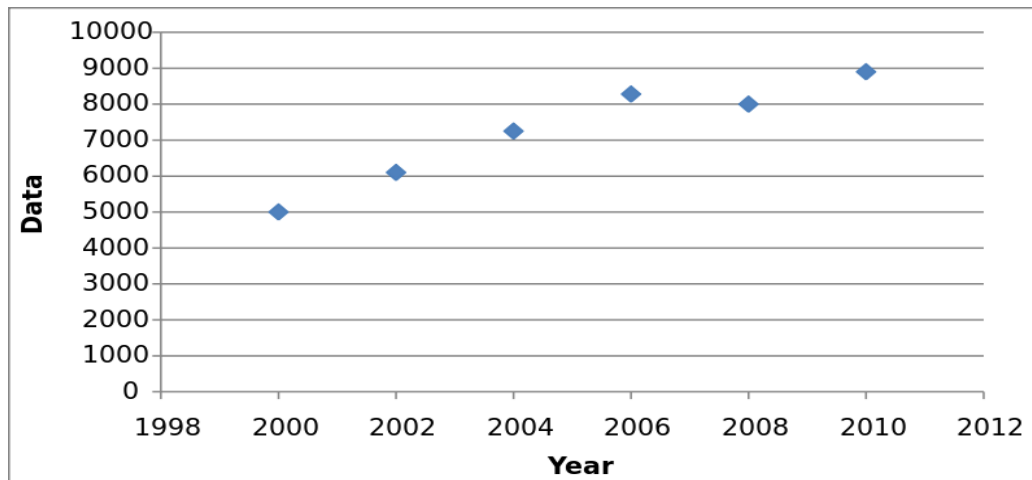
Συνοψίζοντας τη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών, μια στατιστική μέθοδος γνωστή ως συντελεστής συσχέτισης pearson χρησιμοποιείται συχνά για τον υπολογισμό της συσχέτισης. Ο συντελεστής συσχέτισης pearson είναι μια τιμή μεταξύ -1 και 1 που δείχνει αν μια σχέση είναι αρνητική ή θετική. Δεν υπάρχει συσχέτιση εάν η τιμή είναι μηδέν.

Pearson: Στην στατιστική, ο συντελεστής συσχέτισης Pearson (επίσης γνωστός ως Pearson's r , ο συντελεστής συσχέτισης Pearson γινομένου-ροπής (PPMCC), η διμεταβλητή συσχέτιση, ή στην καθομιλουμένη απλά ως συντελεστής συσχέτισης) είναι ένα μέτρο γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δύο συνόλων δεδομένων. Είναι ο λόγος μεταξύ της συνδιακύμανσης δύο μεταβλητών και του γινομένου των τυπικών αποκλίσεών τους. Έτσι, είναι ουσιαστικά μια κανονικοποιημένη μέτρηση της συνδιακύμανσης, έτσι ώστε το αποτέλεσμα να έχει πάντα μια τιμή μεταξύ -1 και 1. Όπως και με την ίδια τη συνδιακύμανση, το μέτρο μπορεί να αντικατοπτρίζει μόνο μια γραμμική συσχέτιση μεταβλητών και αγνοεί πολλούς άλλους τύπους σχέσεων ή συσχετίσεων. (Rodgers & Nicewander, 2012)

Υπάρχουν δύο τύποι συσχέτισης: θετική συσχέτιση και αρνητική συσχέτιση.

Εάν τα σημεία δεδομένων κάνουν μια γραμμή από την αρχή από χαμηλές τιμές x και y σε υψηλές τιμές x και y , τα σημεία δεδομένων συσχετίζονται θετικά, όπως στο παρακάτω γράφημα. Εάν το γράφημα ξεκινά με υψηλές τιμές y και συνεχίζει να έχει χαμηλές τιμές y , τότε το γράφημα συσχετίζεται αρνητικά.

Μπορεί κάποιος να σκεφτεί τη θετική συσχέτιση ως κάτι που παράγει ένα θετικό αποτέλεσμα.



Διάγραμμα 2.8: Διάγραμμα διασποράς (scatter plot) που υποδηλώνει μια γραμμική σχέση

- **Scatter plot:** Τα γραφήματα διασποράς (scatter graphs, scatter charts, scatter diagrams και scattergrams) είναι παρόμοια με τα γραφήματα γραμμών. Ένα γράφημα γραμμών (line graph) χρησιμοποιεί μια γραμμή σε έναν άξονα X-Y για να σχεδιάσει μια συνεχή συνάρτηση, ενώ ένα διάγραμμα σκέδασης χρησιμοποιεί κουκκίδες για να αναπαριστά μεμονωμένα κομμάτια δεδομένων. Στα στατιστικά στοιχεία, αυτά τα διαγράμματα είναι χρήσιμα για να δείχθει αν δύο μεταβλητές σχετίζονται μεταξύ τους. Για παράδειγμα, ένα γράφημα διασποράς μπορεί να προτείνει μια γραμμική σχέση (δηλαδή μια ευθεία γραμμή). (TIBCO What is a Scatter Chart?)

2.10.1 Αυτοσυσχέτιση (autocorrelation) - correlogram

Οι Εποχιακές τάσεις των χρονοσειρών μπορούν να εξεταστούν μέσω correlograms. Το correlogram (autocorrelogram) εμφανίζει γραφικά και αριθμητικά τη συνάρτηση αυτοσυσχέτισης (ACF), που είναι το σύνολο των συντελεστών συσχέτισης (μαζί με τις τυπικές αποκλίσεις των συντελεστών) για διαδοχικές υστερήσεις σε ένα συγκεκριμένο φάσμα υστερήσεων (π.χ., από 1 έως 30).

Εξετάζοντας correlograms, θα πρέπει να υπάρχει γνώση ότι αυτοσυσχετίσεις για διαδοχικές χρονικές υστερήσεις τυπικά εξαρτώνται. Για παράδειγμα εάν το πρώτο στοιχείο είναι στενά συνδεδεμένο με το δεύτερο, και το δεύτερο με το τρίτο, τότε το πρώτο στοιχείο είναι επίσης σχετικά συνδεδεμένο με το τρίτο, κ.λπ

Ένας άλλος τρόπος για την εξέταση των αυξανόμενων εξαρτήσεων είναι μέσα από τη συνάρτηση μερικής αυτοσυσχέτισης (PACF) - επέκταση της αυτοσυσχέτισης-όπου παρουσιάζεται η εξάρτηση από τα ενδιάμεσα στοιχεία όσο απομακρύνεται η υστέρηση. Με άλλα λόγια, η μερική αυτοσυσχέτιση είναι παρόμοια με την αυτοσυσχέτιση, εκτός από το ότι κατά τη διάρκεια του υπολογισμού της οι (auto) συσχετίσεις με όλα τα στοιχεία κατά την υστέρηση απομακρύνονται.

Κατά μία έννοια, η συνάρτηση μερικής αυτοσυσχέτισης παρέχει μια "καθαρή" εικόνα της σειράς των εξαρτήσεων για τα μεμονωμένα στοιχεία των υστερήσεων (που δεν συγχέονται με άλλες σειριακές εξαρτήσεις). (Frost, 2021)

Συμπερασματικά, το ACF είναι μια (πλήρης) συνάρτηση αυτόματης συσχέτισης που δίνει τιμές αυτόματης συσχέτισης οποιασδήποτε σειράς με τις τιμές καθυστέρησης. Με απλά λόγια, περιγράφει πόσο καλά σχετίζεται η παρούσα αξία της σειράς με τις

προηγούμενες τιμές της. Μια χρονοσειρά μπορεί να έχει συνιστώσες όπως τάση, εποχικότητα, κυκλική και υπολειμματική. Το ACF εξετάζει όλα αυτά τα στοιχεία ενώ βρίσκει συσχετισμούς, επομένως είναι ένα «πλήρες διάγραμμα αυτόματης συσχέτισης».

2.10.2 Μερική Αυτοσυσχέτιση (Partial auto-correlation)

Η συνάρτηση αυτή χρησιμοποιείται πολύ στη μελέτη χρονοσειρών. Ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης (Partial Auto-Correlation Factor - PACF) r_{xy} μετρά τη συσχέτιση των μεταβλητών x και y όταν έχει αφαιρεθεί η επίδραση που ασκούν σε αυτές κάποιες άλλες μεταβλητές.

Το PACF είναι μια λειτουργία μερικής αυτόματης συσχέτισης. Βασικά αντί να βρει συσχετίσεις του παρόντος με υστερήσεις όπως το ACF, βρίσκει συσχέτιση των υπολειμμάτων (η οποία παραμένει μετά την αφαίρεση των επιδράσεων που έχουν ήδη εξηγηθεί από τις προηγούμενες υστερήσεις) με την επόμενη τιμή υστέρησης, επομένως «μερική» και όχι «πλήρης» καθώς αφαιρούνται ήδη εντοπισμένες παραλλαγές πριν βρεθεί η επόμενη συσχέτιση. Έτσι, εάν υπάρχουν κρυφές πληροφορίες στο υπόλοιπο που μπορούν να μοντελοποιηθούν από την επόμενη καθυστέρηση, είναι δυνατόν να υπάρχει μια καλή συσχέτιση και θα διατηρηθεί η επόμενη καθυστέρηση ως χαρακτηριστικό κατά τη μοντελοποίηση. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι κατά τη μοντελοποίηση δεν επιζητάται η διατήρηση πολλών χαρακτηριστικών που συσχετίζονται, καθώς αυτό μπορεί να δημιουργήσει ζητήματα πολυσυλλεκτικότητας. Ως εκ τούτου, πρέπει να διατηρηθούν μόνο τα σχετικά χαρακτηριστικά. (Frost, 2021)

2.11 Μοντέλα χρονοσειρών (time series models)

Η μελέτη των χρονοσειρών πραγματοποιείται σε δύο στάδια. Στο πρώτο αναλύονται οι ιδιότητες της με σκοπό να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά που διέπουν τη συμπεριφορά της. Αυτό γίνεται με τη χρονική όσο και τη φασματική ανάλυση της (spectral analysis). Στο δεύτερο στάδιο εφαρμόζεται κατάλληλο μοντέλο χρονικής σειράς (time series model), με απώτερο σκοπό την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών της, ώστε να μειωθεί ο παράγοντας της αβεβαιότητας και να εκτιμηθούν καλύτερα διάφορα γεγονότα.

Σε γενικές γραμμές, οι **μέθοδοι πρόβλεψης** (forecast methods), που χρησιμοποιούνται στις χρονοσειρές, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, **τις υποκειμενικές ή ποιοτικές** (subjective or qualitative) και **τις αντικειμενικές ή ποσοτικές** (objective or quantitative).

- Σε μια υποκειμενική μέθοδο πρόβλεψης, έμπειροι επιστημονικοί αναλυτές, χρησιμοποιούν τις γνώσεις τους σε συνδυασμό με την κρίση τους, για την ασφαλή διεξαγωγή συμπερασμάτων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας μεθόδου αποτελεί η μέθοδος Delphi, η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στις επιχειρήσεις.
- Αντιθέτως, οι αντικειμενικές μέθοδοι πρόβλεψης βασίζονται σε κάποιο μαθηματικό ή στατιστικό μοντέλο και σε ποσοτικά δεδομένα (model based

forecasts). Τα συγκεκριμένα μοντέλα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα **αιτιατά** (causal) και τα **μη αιτιατά** (non-causal).

- ✓ Σε ένα αιτιατό μοντέλο, είναι σημαντική η πρόβλεψη των τιμών μιας μεταβλητής με βάση τη σχέση που τη συνδέει με άλλες που μεταβλητές που σχετίζονται μαζί της. Τέτοια μοντέλα εφαρμόζονται συχνά στην οικονομετρία.
- ✓ Στα μη αιτιατά μοντέλα, ή αλλιώς στα μοντέλα χρονολογικών σειρών, η εκτίμηση στηρίζεται αποκλειστικά και μόνο στις προηγούμενες τιμές της χρονικής σειράς που πρέπει να προβλεφθούν. Στοχεύουν, λοιπόν, στην πρόβλεψη της μελλοντικής της συμπεριφοράς, χωρίς να βασίζονται στη σχέση των τιμών της με άλλες μεταβλητές, αλλά εξετάζοντας την προηγούμενη συμπεριφορά της, δηλαδή με απλά λόγια το “ιστορικό” της. Τα μοντέλα των χρονολογικών σειρών χωρίζονται σε **καθοριστικά μοντέλα** (deterministic models), τα οποία βασίζονται σε απλές μαθηματικές μορφές, όπως υποδείγματα κινητών μέσων όρων, εκθετικής εξομάλυνσης και τάσης και σε **στοχαστικά μοντέλα** (stochastic models), όπως, για παράδειγμα το μοντέλο της μορφής BoxJenkins.

Συγκρίνοντας τα αιτιατά με τα μη αιτιατά μοντέλα, μπορεί να ειπωθεί ότι τα δεύτερα έχουν χαμηλότερο κόστος διενέργειας προβλέψεων και είναι λιγότερο πολύπλοκα. Κύριο μειονέκτημα τους είναι ότι δεν παρέχουν πληροφορία που να εξηγεί θεωρία πώς διαμορφώνονται οι τιμές της χρονικής σειράς. Η κύρια υπόθεση, σε ένα μη αιτιατό μοντέλο πρόβλεψης, είναι ότι αυτό που συνέβαινε στο παρελθόν θα συνεχίσει να συμβαίνει και στο μέλλον, για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται για βραχυχρόνιες προβλέψεις, σε αντίθεση με τα αιτιατά που είναι πιο αξιόπιστα για μακροχρόνιες προβλέψεις. (Χατζηευλογημένος, 2019)

2.12 Αξιολόγηση προβλέψεων

Ένα σπουδαίο ρόλο στην μελέτη χρονοσειρών, γενικώς, παίζουν τα κατάλοιπα (residuals). Το κατάλοιπο είναι η διαφορά ανάμεσα στο πραγματικό αποτέλεσμα και την πρόβλεψη του αποτελέσματος, δηλαδή, η διαφορά των εκτιμήσεων από τις παρατηρήσεις και υπολογίζεται ως εξής:

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t, \text{ όπου}$$

- e_t = το σφάλμα πρόβλεψης τη χρονική στιγμή t .
- Y_t = η πραγματική τιμή τη χρονική στιγμή t .
- \hat{Y}_t = η προβλεπόμενη τιμή τη χρονική στιγμή t .

Μπορούν να συγκριθούν οι προβλεπόμενες με τις πραγματικές τιμές για την περίοδο, για την οποία υπάρχουν στοιχεία. Για τη σύγκριση αυτή, δηλαδή για την αξιολόγηση της προβλεπτικής ικανότητας του υποδείγματος, έχουν προταθεί διάφορα κριτήρια και ένα από τα οποία τα κυριότερα είναι:

Ρίζα του Μέσου του Τετραγώνου του Σφάλματος (Root Mean Square Error, RMSE) :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}$$

(Κυριακίδης, 2011)

2.13 Μοντέλα Αυτοπαλινδρόμησης - Autoregressive models- AR(p)

Τα συνήθη μοντέλα παλινδρόμησης θεωρούν σχέσεις (γραμμικές ή μη) μεταξύ των τιμών μίας χρονοσειράς και παραγόντων με τους οποίους συσχετίζεται (και από τους οποίους εξαρτώνται σε κάποιο βαθμό) για να την περιγράψουν στο χρόνο.

Τα μοντέλα αυτοπαλινδρόμησης θεωρούν από τη μεριά τους γραμμικές σχέσεις ανάμεσα στην παρατήρηση της χρονοσειράς που εξετάζεται και στις προηγούμενες τιμές αυτής. Είναι μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης, όπου θεωρούν ως εξαρτημένη μεταβλητή την τυχαία μεταβλητή της χρονοσειράς σε μια χρονική στιγμή και ως ανεξάρτητες μεταβλητές θεωρούν την τυχαία μεταβλητή της χρονοσειράς σε προηγούμενους χρόνους. Ο αριθμός των υστερήσεων που συμπεριλαμβάνονται λέγεται τάξη (order) του αυτοπαλινδρόμου μοντέλου. (Fernando, Investopedia)

Η αλγεβρική παράσταση αυτοπαλινδρόμου μοντέλου AR(p), στην γενική του μορφή θα διατυπώνεται ως εξής:

$$X_t = \varphi_0 + \varphi_1 * X_{t-1} + \varphi_2 * X_{t-2} + \dots + \varphi_p * X_{t-p} + u_t$$

όπου φ_i οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης του μοντέλου AR για υστέρηση i και φ_0 μία σταθερά.

Το u_t είναι καλείται λευκός θόρυβος (white noise), ο οποίος μετράει τα τυχαία σφάλματα. Η ύπαρξη του λευκού θορύβου στο παραπάνω μοντέλο υποδηλώνει το στοχαστικό του χαρακτήρα.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις είναι ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές με μέσο το μηδέν και σταθερή διακύμανση. Ο όρος αυτοπαλινδρόμο αναφέρεται στο γεγονός ότι η σχέση που το περιγράφει είναι ένα υπόδειγμα παλινδρόμησης, όπου η εξαρτημένη μεταβλητή X_t παλινδρομείται στις προηγούμενες τιμές της ίδιας της μεταβλητής.

Ο αριθμός p υποδηλώνει την τάξη του αυτοπαλινδρόμου μοντέλου και αναφέρεται στο μήκος της υστερήσεως ενώ οι X_{t-1} , X_{t-2} , ... X_{t-p} είναι οι τιμές της χρονικής σειράς με υστέρηση.

Στην ουσία δηλαδή η τιμή της παρατήρησης X_t εξαρτάται κατά παράγοντα φ_1 από την προηγούμενη παρατήρηση, κατά παράγοντα φ_2 από την προ-προηγούμενη παρατήρηση και κατά παράγοντα φ_p από την παρατήρηση που βρίσκεται p περιόδους πίσω. Υπολογίζεται ως γραμμικός συνδυασμός αυτών προσαυξάνοντάς την προαιρετικά κατά μία σταθερά φ_0 .

Σε ένα αυτοπαλινδρόμο μοντέλο AR(1) έχουμε :

$$X_t = \varphi_0 + \varphi_1 X_{t-1} + u_t \quad (1)$$

Αν η σειρά είναι στάσιμη, τότε είναι $E(X_t) = \mu$ και $E(u_t) = 0$. Τότε είναι :

$$\begin{aligned} E(X_t) &= E(\varphi_0) + E(\varphi_1 * X_{t-1}) + E(u_t) \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow E(X_t) &= E(\varphi_0) + \varphi_1 * E(X_{t-1}) + E(u_t) \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow \mu &= \varphi_0 + \varphi_1 * \mu \Leftrightarrow (1 - \varphi_1)\mu = \varphi_0 \Leftrightarrow \mu = \varphi_0 / (1 - \varphi_1) \end{aligned}$$

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι αν είναι $\mu = 0$ τότε είναι και $\varphi_0 = 0$, οπότε είναι της μορφής : $X_t = \varphi_1 * X_{t-1} + u_t$. (2)

Αν από την εξίσωση (1) αφαιρέσουμε το μέσο μ τότε έχουμε :

$$\begin{aligned} X_t - \mu &= \varphi_0 - \mu + \varphi_1 * X_{t-1} + u_t - \mu \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow X_t - \mu &= \mu - \varphi_1\mu + \varphi_1 * X_{t-1} + u_t \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow X_t - \mu &= -\varphi_1\mu + \varphi_1 * X_{t-1} + u_t \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow X_t - \mu &= \varphi_1 * (X_{t-1} - \mu) + u_t \end{aligned}$$

Τότε αν θεωρηθεί ως $Y_t = X_t - \mu$ το μοντέλο απαλλάσσεται από το σταθερό όρο φ_0 γράφεται ως $Y_t = \varphi_1 Y_{t-1} + u_t$, δηλαδή έχει τη μορφή (2).

Η εισαγωγή ενός τελεστή χρονικών σειρών μετασχηματίζει μια χρονική σειρά, σε μια άλλη χρονική σειρά. Ένας τέτοιος τελεστής, ιδιαίτερα χρήσιμος στην ανάλυση χρονικών σειρών, είναι ο λεγόμενος **τελεστής χρονικής υστερήσεως (backward shift operator or lag operator) που συμβολίζεται με το γράμμα B ή το γράμμα L**. Ο τελεστής αυτός όταν δρα σε μια χρονική σειρά τη μετασχηματίζει έτσι ώστε η προκύπτουσα νέα σειρά να είναι η παλαιά σειρά μετατοπισμένη κατά τόσες χρονικές περιόδους όση είναι η τάξη του τελεστή, δηλαδή είναι : $BX_t = X_{t-1}$

Ανάλογα ισχύει : $BX_{t-1} = X_{t-2} \Rightarrow B(BX_t) = X_{t-2} \Rightarrow B^2X_t = X_{t-2}$ και αν συνεχιστεί με τον ίδιο τρόπο ισχύει ότι : $B^k X_t = X_{t-k}$

Με βάση τα παραπάνω, το μοντέλο AR(1), θεωρώντας το σταθερό όρο ίσο με μηδέν, μπορεί ισοδύναμα να γραφτεί και ως εξής :

$$\begin{aligned} X_t - \varphi_1 * X_{t-1} &= u_t \Leftrightarrow X_t - \varphi_1 * BX_t = u_t \Leftrightarrow (1 - \varphi_1 * B) X_t = u_t \\ \Leftrightarrow X_t &= (1 - \varphi_1 * B)^{-1} u_t \end{aligned}$$

Η παράσταση $1 - \varphi_1 * B$ ονομάζεται χαρακτηριστικό πολυώνυμο (ως προς τον τελεστή B) και παίζει ένα σημαντικό ρόλο για τον έλεγχο στασιμότητας. Η εξίσωση $1 - \varphi_1 * B = 0$ καλείται χαρακτηριστική εξίσωση του μοντέλου AR(1). Για να είναι το μοντέλο στάσιμο πρέπει οι ρίζες της να βρίσκονται εκτός του μοναδιαίου κύκλου. Η εξίσωση $1 - \varphi_1 * B = 0$ έχει λύση $B = 1 / \varphi_1$. Για να βρίσκεται, λοιπόν εκτός του μοναδιαίου κύκλου πρέπει να είναι $|1 / \varphi_1| = |\varphi_1| < 1$.

Άρα, για να είναι ένα μοντέλο **AR(1) στάσιμο αρκεί να είναι $|\varphi_1| < 1$** .

Με διαδοχικές αντικαταστάσεις στη συνάρτηση αυτοσυσχέτισης ισχύει :

$$\rho_n = \gamma_n / \gamma_0 = \varphi_1 \rho_{n-1} = \varphi_1 \varphi_1 \rho_{n-2} = \varphi_1^n \rho_0$$

Από την παραπάνω σχέση είναι φανερό ότι: Για $\varphi_1 > 0$ η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης φθίνει εκθετικά στο μηδέν, ενώ για $\varphi_1 < 0$ φθίνει πάλι εκθετικά στο μηδέν με εναλλασσόμενο πρόσημο. Αν θεωρηθεί τώρα το μοντέλο AR(2) με εξίσωση :

$$X_t = \varphi_1 * X_{t-1} + \varphi_2 * X_{t-2} + u_t$$

τότε για να βρεθούν οι συνθήκες στασιμότητας πρέπει να εργαστεί κάποιος ανάλογα και ισχύει:

$$X_t - \varphi_1 * X_{t-1} - \varphi_2 * X_{t-2} = u_t \quad \Leftrightarrow \quad X_t - \varphi_1 * B^2 X_t = u_t \quad \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow (1 - \varphi_1 * B - \varphi_2 * B^2) X_t = u_t \quad \Leftrightarrow \quad X_t = (1 - \varphi_1 * B - \varphi_2 * B^2)^{-1} u_t$$

Η παράσταση $(1 - \varphi_1 * B - \varphi_2 * B^2)$ είναι το αντίστοιχο χαρακτηριστικό πολυώνυμο, ενώ η εξίσωση $(1 - \varphi_1 * B - \varphi_2 * B^2) = 0$ η αντίστοιχη χαρακτηριστική εξίσωση του μοντέλου AR(2). Αν είναι λ_1 και λ_2 οι ρίζες του, τότε για να είναι το μοντέλο στάσιμο, αρκεί αυτές να βρίσκονται εκτός του μοναδιαίου κύκλου, δηλαδή να είναι $|\lambda_1| < 1$ και $|\lambda_2| > 1$, οπότε καταλήγει στις παρακάτω συνθήκες στασιμότητας για να είναι στάσιμο ένα μοντέλο AR(2) :

$$\varphi_1 + \varphi_2 < 1$$

$$-\varphi_1 + \varphi_2 < 1$$

$$-1 < -\varphi_2 < 1$$

Όμοια για ένα AR(p) μοντέλο ισχύει :

$$X_t - \varphi_1 * X_{t-1} - \varphi_2 * X_{t-2} - \dots - \varphi_p * X_{t-p} = u_t \quad \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow X_t - \varphi_1 * B X_t - \varphi_2 * B^2 X_t - \dots - \varphi_p * B^p X_t = u_t \quad \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow (1 - \varphi_1 * B - \varphi_2 * B^2 - \dots - \varphi_p * B^p) X_t = u_t$$

$$\Leftrightarrow X_t = (1 - \varphi_1 * B - \varphi_2 * B^2 - \dots - \varphi_p * B^p)^{-1} u_t$$

Για να είναι το μοντέλο στάσιμο πρέπει οι ρίζες του χαρακτηριστικού πολυωνύμου $1 - \varphi_1 * B - \varphi_2 * B^2 - \dots - \varphi_p * B^p$ να βρίσκονται εκτός του μοναδιαίου κύκλου. Είναι προφανές ότι η εύρεση των συνθηκών ώστε το μοντέλο να είναι στάσιμο δυσχεραίνει όσο αυξάνει το p.

Αν υποθεθεί ότι η τάξη του AR(p) υποδείγματος, δεν είναι γνωστή, τότε το υπόδειγμα προσαρμόζεται στην αρχική χρονολογική σειρά και υπολογίζονται οι δειγματικοί συντελεστές μερικής αυτοσυσχέτισης τάξης p (αφού οι πληθυσμιακοί συντελεστές μερικής αυτοσυσχέτισης είναι άγνωστοι, χρησιμοποιούνται δειγματικοί συντελεστές μερικής αυτοσυσχέτισης). Ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης θεωρούμενος ως ο συντελεστής παλινδρόμησης της τελευταίας μεταβλητής που υπεισέρχεται στο υπόδειγμα AR(p), εκφράζει τη στατιστική σημαντικότητα της τελευταίας μεταβλητής μέσα από τον αντίστοιχο έλεγχο υποθέσεων. Επομένως, αν ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης είναι σημαντικά διάφορος του μηδενός, τότε το υπόδειγμα p τάξεως, είναι προτιμότερο από το υπόδειγμα τάξης p - 1. Σε διαφορετική περίπτωση, αν δηλαδή ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης δεν είναι σημαντικά διάφορος του μηδενός, τότε το υπόδειγμα p - 1 τάξεως, είναι προτιμότερο από το υπόδειγμα τάξης p. Επομένως ο υπολογισμός των συντελεστών μερικής αυτοσυσχέτισης έχει ιδιαίτερη πρακτική σημασία στην εκτίμηση της τάξης p του υπό διερεύνηση υποδείγματος

Γενικά, ένα μοντέλο AR(p) χρησιμοποιείται όταν οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης φθίνουν εκθετικά στο μηδέν και ταυτόχρονα υπάρχουν p στατιστικά σημαντικοί συντελεστές μερικής αυτοσυσχέτισης (Πολυτεχνείο, Μονάδα Προβλέψεων & Στρατηγικής - Εθνικό Μετσόβιο).

2.14 Μοντέλα Κινούμενου Μέσου – Moving Average MA(q)

Η πρόβλεψη χρονοσειρών με τη μέθοδο των κινητών μέσων εμπεριέχει τον υπολογισμό του μέσου όρου του δείγματος παρατηρήσεων, καθώς και τη χρησιμοποίηση αυτού του μέσου σαν πρόβλεψη για την επόμενη περίοδο. Ο αριθμός των παρατηρήσεων του δείγματος που συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό του μέσου προσδιορίζεται στην αρχή της διαδικασίας πρόβλεψης. (Fernando, Investopedia, 2023)

Χρησιμοποιείται ο όρος κινητός μέσος γιατί, καθώς κάθε νέα παρατήρηση γίνεται διαθέσιμη στο δείγμα, υπολογίζεται ένας νέος μέσος απορρίπτοντας την παλαιότερη παρατήρηση του δείγματος από τον μέσο και συμπεριλαμβάνοντας τη νεότερη. Καθώς υπολογίζεται κάθε νέος μέσος, γίνεται πρόβλεψη για την επόμενη περίοδο. Συνεπώς, κάθε πρόβλεψη χρησιμοποιεί τον ίδιο αριθμό παρατηρήσεων δείγματος από τη χρονοσειρά και περιλαμβάνει μόνο την πλέον πρόσφατη παρατήρηση. Πρέπει να τονιστεί ότι η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων δεν εφαρμόζεται στην περίπτωση των υποδειγμάτων κινητών μέσων, όπως στην περίπτωση των αυτοπαλίνδρομων υποδειγμάτων, καθώς η συνάρτηση στην οποία καταλήγει η αντίστοιχη διαδικασία με σκοπό την ελαχιστοποίηση της τιμής της δεν είναι γραμμική ως προς τις παραμέτρους του MA(q) υποδείγματος

Τα συγκεκριμένα μοντέλα θεωρούν γραμμικές σχέσεις ανάμεσα στην παρατήρηση της χρονικής σειράς που εξετάζεται και στα σφάλματα που εμφάνισε το μοντέλο MA σε προηγούμενες περιόδους. Η αλγεβρική παράσταση ενός μοντέλου κινητού μέσου όρου MA(q), στην γενική του μορφή θα διατυπώνεται ως εξής :

$$X_t = \theta_0 - \theta_1 * u_{t-1} - \theta_2 * u_{t-2} - \dots - \theta_q * u_{t-q} + u_t ,$$

όπου θ_i οι συντελεστές μερικής αυτοσυσχέτισης του μοντέλου MA για υστέρηση i.

Στην ουσία η τιμή της παρατήρησης X_t εξαρτάται κατά παράγοντα θ_1 από το σφάλμα που παρήγαγε το μοντέλο την προηγούμενη περίοδο, κατά παράγοντα θ_2 από το σφάλμα που παρήγαγε το μοντέλο την προ-προηγούμενη περίοδο και κατά παράγοντα θ_q από το σφάλμα του μοντέλου q περιόδους πίσω. Υπολογίζεται ως γραμμικός συνδυασμός αυτών προσαυξάνοντάς, προαιρετικά, την κατά μία σταθερά θ_0 . Για τη συγκεκριμένη σταθερά σε ένα μοντέλο MA(q) ισχύει $\theta_0 = \mu$, όπου μ ο μέσος της.

Μία αρκετά ενδιαφέρουσα παρατήρηση είναι ότι κάθε μοντέλο AR μπορεί να γραφτεί ως μοντέλο MA απείρων όρων. Χωρίς βλάβη της γενικότητας αναλύεται, για παράδειγμα, το μοντέλο AR(1) με τον εξής τρόπο:

$$\begin{aligned} X_t &= \varphi_0 + \varphi_1 * X_{t-1} + u_t = \\ &= \varphi_0 + \varphi_1 * (\varphi_0 + \varphi_1 * X_{t-2} + u_{t-1}) + u_t = \\ &= \varphi_0 (1 + \varphi_1) + \varphi_1^2 * X_{t-2} + \varphi_1 u_{t-1} + u_t = \end{aligned}$$

$$= \varphi_0 (1+\varphi_1) + \varphi_1^2 * (\varphi_0 + \varphi_1 * X_{t-3} + u_{t-2}) + \varphi_1 u_{t-1} + u_t =$$

$$= \varphi_0 (1+\varphi_1+\varphi_1^2) + \varphi_1^3 * X_{t-3} + \varphi_1^2 * u_{t-2} + \varphi_1 u_{t-1} + u_t$$

Συνεχίζοντας με τον ίδιο τρόπο καταλήγει κάποιος στο συμπέρασμα ότι :

$$X_t = \varphi_0 (1+\varphi_1+\varphi_1^2+.....+\varphi_1^n) + \varphi_1^n * X_{t-n} + + \varphi_1^2 * u_{t-2} + \varphi_1 u_{t-1} + u_t$$

Δεδομένου ότι $-1 < \varphi_1 < 1$ μετά από άπειρες στο πλήθος η επαναλήψεις της παραπάνω διαδικασίας ο όρος $\varphi_1^n * X_{t-n}$ θα τείνει στο μηδέν, οπότε και θα υπάρχει ένα αμιγώς MA μοντέλο.

Αν **σε ένα MA(1)** μοντέλο με εξίσωση $X_t = \theta_0 - \theta_1 * u_{t-1} + u_t$ χρησιμοποιηθεί ο συντελεστής ολίσθησης B ισχύει :

$$X_t = \theta_0 - \theta_1 * u_{t-1} + u_t \quad <=>$$

$$<=> \quad X_t = \theta_0 - \theta_1 * B u_{t-1} + u_t \quad <=>$$

$$<=> \quad X_t = \theta_0 - (1 - \theta_1 * B) u_t$$

Ενώ για **το MA(q)** μοντέλο ισχύει :

$$X_t = \theta_0 - \theta_1 * u_{t-1} - \theta_2 * u_{t-2} - - \theta_q * u_{t-q} + u_t \quad <=>$$

$$<=> \quad X_t = \theta_0 - \theta_1 * B u_t - \theta_2 * B^2 u_t - - \theta_q * B^q u_t + u_t \quad <=>$$

$$<=> \quad X_t = \theta_0 + (1 - \theta_1 * B - \theta_2 * B^2 + - \theta_q * B^q) u_t$$

Αν στην παραπάνω σχέση θεωρηθεί $\theta_0=0$ τότε :

$$X_t = (1 - \theta_1 * B - \theta_2 * B^2 + - \theta_q * B^q) u_t$$

Αν επιπλέον είναι $| \theta_i | < 1$ για κάθε υστέρηση i, τότε η MA(q) διαδικασία έχει μια AR(∞) αναπαράσταση. Η παραπάνω συνθήκη είναι γνωστή **ως συνθήκη αντιστρεψιμότητας** και για το MA(1) μοντέλο παίρνει τη μορφή $-1 < \theta_1 < 1$.

Η μεθοδολογία για τον καθορισμό των προϋποθέσεων για αντιστρεψιμότητα της MA(2) διαδικασίας είναι ίδια με αυτήν για τον καθορισμό της στασιμότητας για την AR(2). Είναι $X_t = (1 - \theta_1 * B - \theta_2 * B^2) u_t$, οπότε κατά τα γνωστά θα πρέπει οι ρίζες του χαρακτηριστικού πολυωνύμου $1 - \theta_1 * B - \theta_2 * B^2$ να βρίσκονται εκτός του μοναδιαίου κύκλου. Από αυτό προκύπτει ότι για να είναι ένα MA(2) μοντέλο αντιστρέψιμο :

$$\theta_1 + \theta_2 < 1$$

$$- \theta_1 + \theta_2 < 1$$

$$- 1 < \theta_2 < 1$$

Αξίζει να σημειωθεί ότι για το μοντέλο MA(1) αλλά και για οποιοδήποτε άλλο μοντέλο MA(q) δεν τίθεται θέμα μη στασιμότητας καθότι όλα είναι ένας γραμμικός συνδυασμός πεπερασμένου πλήθους όρων λευκού θορύβου. Γενικά χρησιμοποιούμε ένα MA(q) μοντέλο όταν οι συντελεστές μερικής αυτοσυσχέτισης φθίνουν εκθετικά στο μηδέν και ταυτόχρονα υπάρχουν q στατιστικά σημαντικοί συντελεστές αυτοσυσχέτισης.

Γενικά, η μέθοδος του κινητού μέσου όρου είναι μια πολύ εύκολη διαδικασία πρόβλεψης, αφού οι απαιτήσεις σε στατιστικά στοιχεία είναι μικρές. Εν τούτοις, η

τεχνική αυτή δε χρησιμοποιείται ευρέως, δεδομένου ότι η προϋπόθεση να είναι τα δεδομένα στάσιμα είναι περιοριστική. Πάντως, η μέθοδος του κινητού μέσου όρου είναι πιο αποτελεσματική από τη χρησιμοποίηση του απλού αριθμητικού μέσου μιας ολόκληρης χρονοσειράς. (Πολυτεχνείο, Μονάδα Προβλέψεων & Στρατηγικής - Εθνικό Μετσόβιο)

2.15 Επιλογή μοντέλου

Η κρίση παίζει σημαντικό ρόλο στην προσπάθεια δημιουργίας μοντέλου. Δύο απλά μοντέλα μπορεί να περιγράψουν επαρκώς τα δεδομένα και η επιλογή μπορεί να γίνει στη βάση της φύσης της πρόβλεψης. Επίσης, μπορούν να αγνοηθούν μερικά μεγάλα κατάλοιπα, αν μπορούν να ερμηνευθούν από ασυνήθιστες καταστάσεις και το μοντέλο να είναι επαρκές για τις υπόλοιπες παρατηρήσεις.

Είναι καλή ιδέα να παρακολουθούνται τα σφάλματα πρόβλεψης. Αν τα πιο πρόσφατα σφάλματα τείνουν να είναι συνεχώς μεγαλύτερα από τα προηγούμενα σφάλματα, ίσως πρέπει να επαναξιολογηθεί το μοντέλο. Σε αυτό το σημείο, μπορεί να απαιτείται άλλη μία επανάληψη της στρατηγικής δημιουργίας του μοντέλου. Τα ίδια ισχύουν αν τα πρόσφατα σφάλματα πρόβλεψης τείνουν να είναι συνεχώς θετικά (underpredicting) ή αρνητικά (overpredicting). (EconophysicsNotes)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Πειραματικά δεδομένα, διαγράμματα μετάλλων και ανάλυση οικονομικών στοιχείων αυτών

Το πειραματικό μέρος της διπλωματικής εργασίας ξεκινάει με τις τιμές των μετάλλων που δόθηκαν σε σχέση με το πέρασμα των χρόνου. Σε όλα τα μέταλλα ξεκινάει από τα μέσα περίπου του 2010 και καταλήγει στον Δεκέμβρη του 2021. Οι τιμές των μετάλλων παρουσιάζονται σε αμερικανικά δολάρια ανά τόνο. Επίσης δόθηκαν και οι τιμές εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα με τις οποίες έγινε συσχέτιση (τιμή των Δικαιωμάτων Εκπομπών Διοξειδίου του Άνθρακα στην ΕΕ ανά τόνο σε δολάρια).

Σχεδιάστηκαν διαγράμματα των τιμών των μετάλλων σε σχέση με τις ημερομηνίες καθώς και διάγραμμα των εκπομπών του διοξειδίου πάλι σχετικά με το πέρασμα του χρόνου. Στα περισσότερα παρατηρήθηκε αύξηση των τιμών ενώ στο διοξείδιο του άνθρακα παρατηρήθηκε μεγάλη αύξηση των εκπομπών.

Έπειτα χρησιμοποιώντας την ιστοσελίδα [investing.com](https://www.investing.com) αποκτήθηκαν οι τιμές σε πραγματικό χρόνο, ξεκινώντας από την ημερομηνία που τελείωσαν τα δοσμένα δεδομένα (2 Δεκέμβρη) μέχρι και τις 31 Ιανουαρίου του 2022. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα των τιμών των 10 χρόνων και εφαρμόζοντας τα μοντέλα πρόβλεψης μαζί με όλη τη θεωρία που αναλύθηκε εκτενώς στο προηγούμενο Κεφάλαιο (AR(p), MA(q), PACF, Seasonality και άλλες έννοιες) στόχος είναι η πρόβλεψη των τιμών από τον Δεκέμβρη μέχρι το τέλος Γενάρη και έπειτα η σύγκριση των προβλέψεων με τις πραγματικές τιμές. Ανάλογα με το ποσοστό συσχέτισης της πρόβλεψης και των πραγματικών τιμών, επιλέγεται και το καταλληλότερο μοντέλο.

Για την πραγματοποίηση των παραπάνω ενεργειών χρησιμοποιήθηκε το Microsoft excel, η γλώσσα προγραμματισμού Matlab και το TSAF (Time Series Analysis and Forecast ή ανάλυση χρονοσειρών και πρόβλεψη) από την ιστοσελίδα ch.mathworks.com.

Συγκεκριμένα τα μέταλλα για τα οποία συλλέχθηκαν τα δεδομένα είναι ο χαλκός (Cu), το αλουμίνιο (Al), το νικέλιο (Ni), ο μόλυβδος (Pb), ο κασσίτερος (Sn) και ο ψευδάργυρος (Zn). Οι τιμές όλων αυτών συσχετίστηκαν με τις τιμές του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

3.1 Διαγράμματα μετάλλων

Αφού πλέον υπάρχουν οι τιμές των μετάλλων και των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, χρησιμοποιώντας το correl στο Microsoft excel πραγματοποιείται η συσχέτιση μεταξύ τους, ανάλογα πάντα με τις ημερομηνίες των δεδομένων. Με αυτό τον τρόπο φαίνεται πως οι τιμές των μετάλλων μεταβάλλουν και τις ανάγκες σε διοξείδιο του άνθρακα. Τα στοιχεία απεικονίζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Ψευδαργυρος - CO₂	0,7614
κασσιτερος - CO₂	0,5163
Αλουμίνιο - CO₂	0,6472
Μόλυβδος - CO₂	0,0752
Νικέλιο - CO₂	0,3115
Χαλκός - CO₂	0,4841

Πίνακας 3.1: Correlation μετάλλων με CO₂

Παρατηρείται ότι τη μεγαλύτερη συσχέτιση την έχει ο Ψευδάργυρος ενώ την μικρότερη ο Μόλυβδος.

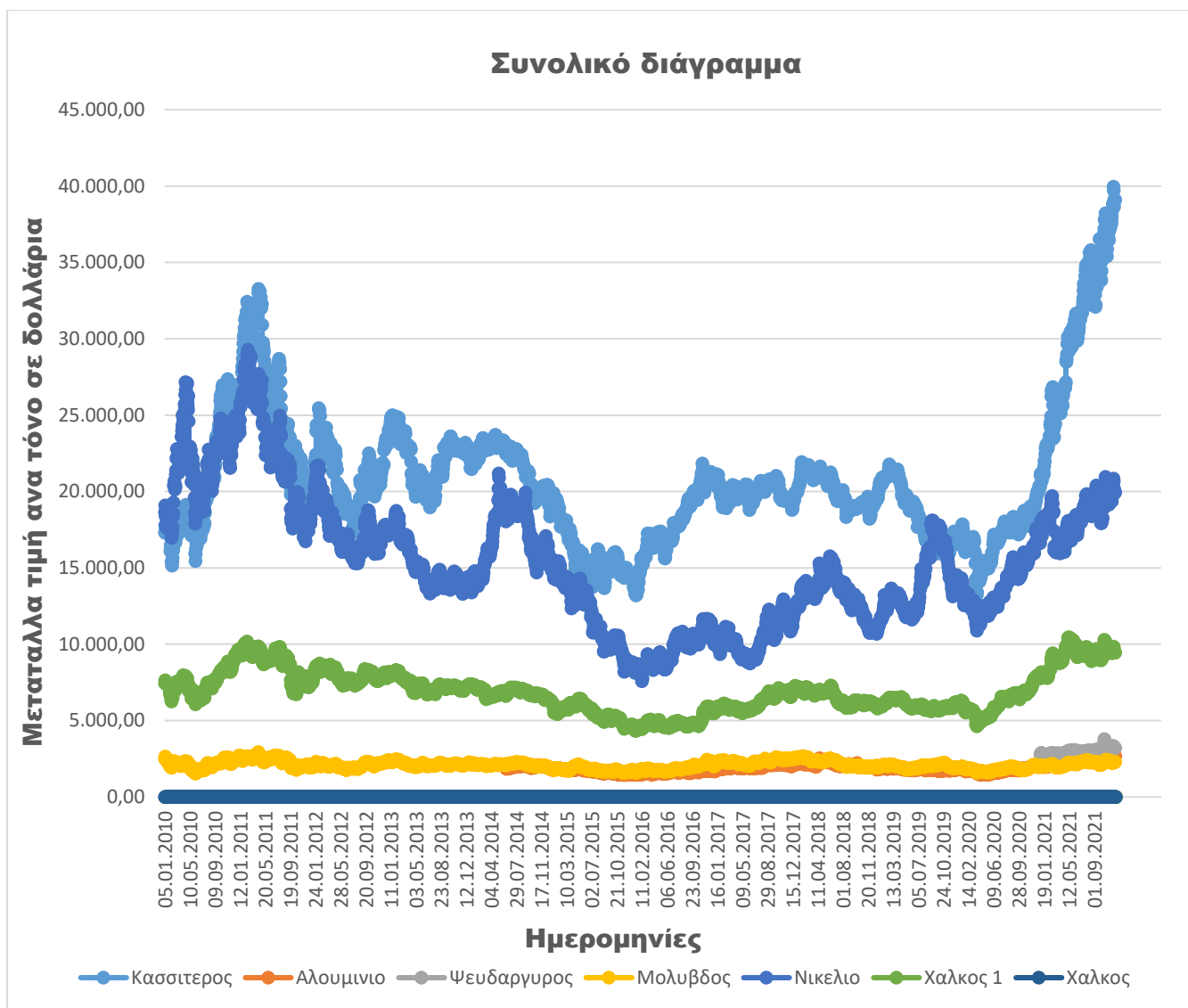
Επιπλέον πραγματοποιήθηκε η συσχέτιση μεταξύ ορισμένων μετάλλων τα οποία συνήθως απαντώνται σε συνδυασμό μεταξύ τους. Αυτά είναι ο ψευδάργυρος, ο χαλκός και ο μόλυβδος.

Ψευδάργυρος - Χαλκός	0,6231
Ψευδάργυρος - Μόλυβδος	0,7348
Χαλκός - Μόλυβδος	0,5450

Πίνακας 3.2: Correlation μεταξύ Zn, Cu και Pb

Παρατηρείται ότι τη μεγαλύτερη συσχέτιση την έχει ο Ψευδάργυρος με το Μόλυβδο και τη μικρότερη ο Χαλκός με το Μόλυβδο.

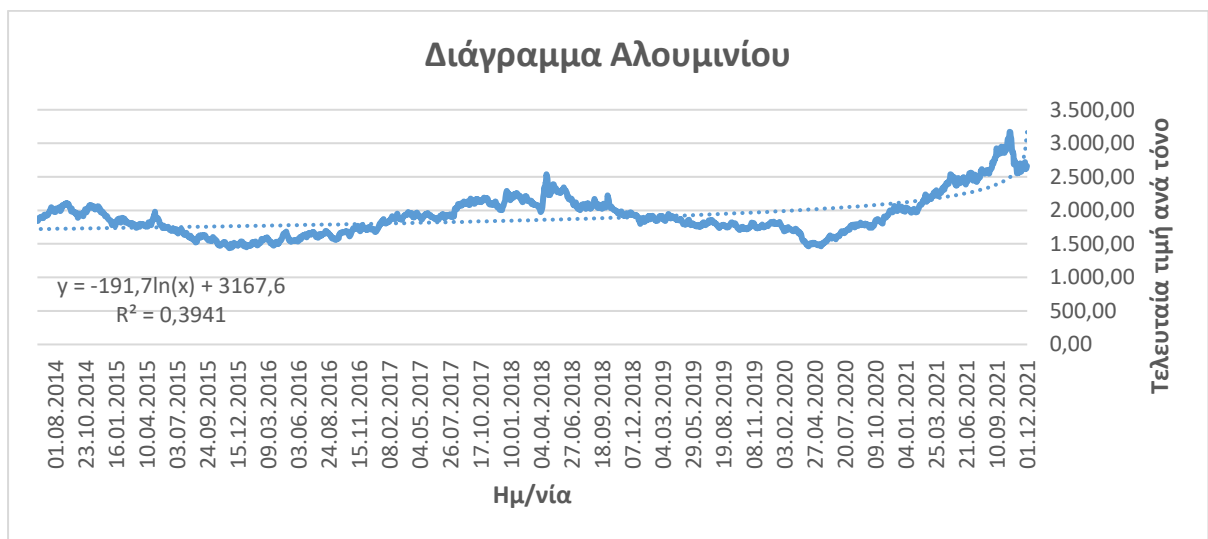
Συνεχίζοντας, αφού έχουν αποκτηθεί όλες οι τιμές των μετάλλων σχεδιάστηκε ένα διάγραμμα που απεικονίζει το εύρος και τη μεταβολή των τιμών τους ανάλογα με την ημερομηνία.



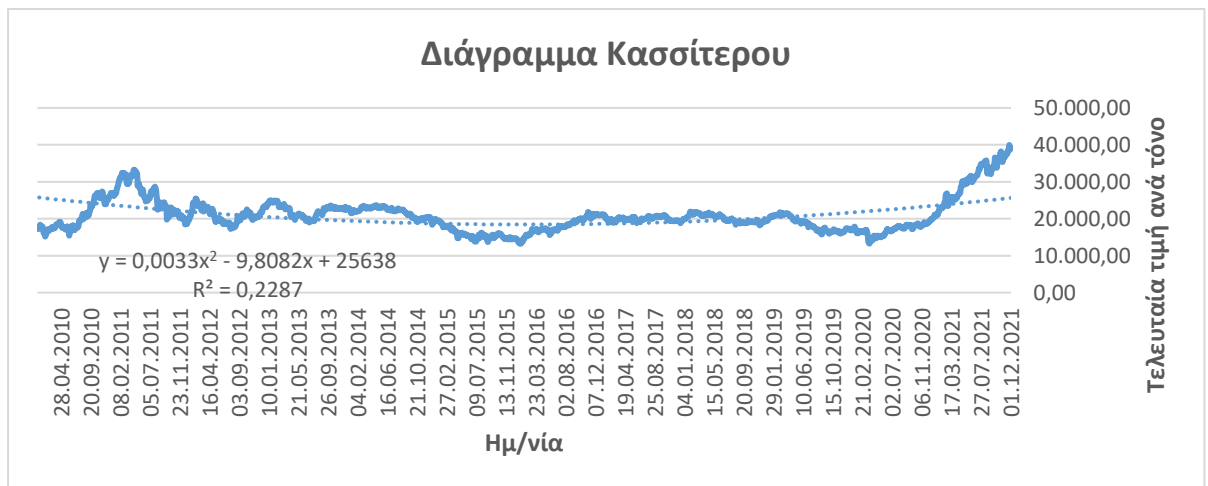
Διάγραμμα 3.1: Συνολικό Διάγραμμα

Βλέποντας το διάγραμμα φαίνονται μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές με το πέρασμα των χρόνων, ενώ οι τιμές όλων των μετάλλων, ανεξαιρέτως, έχουν αυξηθεί. Οι πτώσεις και οι άνοδοι των τιμών φαίνονται παρόμοιες για όλα τα μέταλλα. Για παράδειγμα γύρω στο 2016 παρατηρείται μείωση της τιμής για όλα τα μέταλλα συνολικά ενώ το 2011, άνοδος.

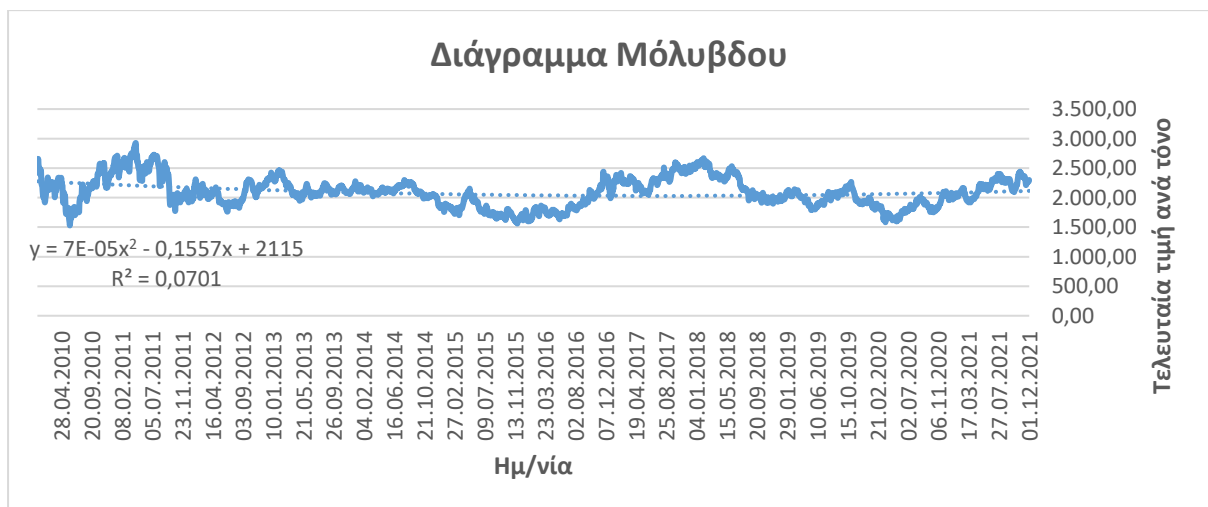
Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα για το κάθε μέταλλο ξεχωριστά, καθώς και για το διοξείδιο του άνθρακα.



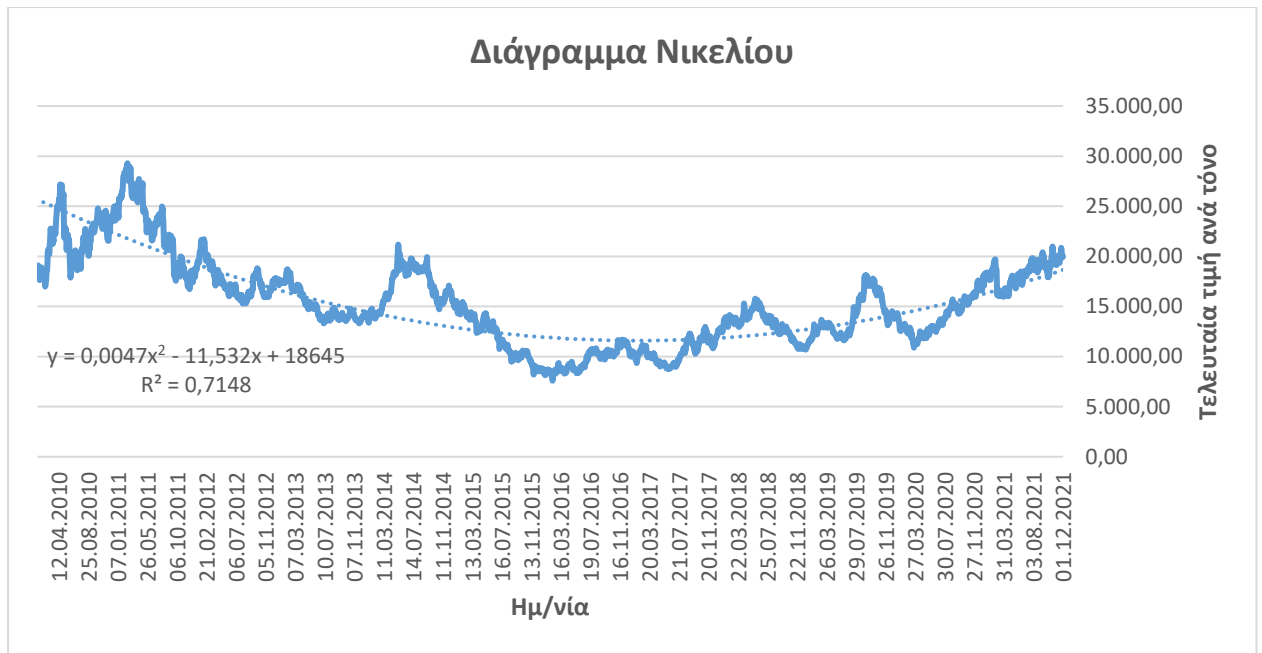
Διάγραμμα 3.2: Αλουμίνιο



Διάγραμμα 3.3: Κασσίτερος



Διάγραμμα 3.4: Μόλυβδος



Διάγραμμα 3.5: Νικέλιο



Διάγραμμα 3.6: Χαλκός



Διάγραμμα 3.7: Ψευδάργυρος



Διάγραμμα 3.8: Διοξείδιο του άνθρακα

3.2 LME (London Metal Exchange)

Οι εμπορικές συναλλαγές των μετάλλων έχουν αλλάξει σημαντικά τον τελευταίο αιώνα και το **Χρηματιστήριο Μετάλλων του Λονδίνου (LME)** προσαρμόζεται συνεχώς σε αυτές τις νέες αλλαγές. Νέα μέταλλα εισήχθησαν στο Χρηματιστήριο πέρα από τον χαλκό και τον κασσίτερο, τα οποία διαπραγματεύονταν ήδη από την ίδρυση του LME. Ο μόλυβδος και ο ψευδάργυρος προστέθηκαν επισήμως το 1920, ενώ διαπραγματεύονταν ήδη από πολύ πριν. Το πρωτογενές αλουμίνιο εισήχθη τον Δεκέμβριο του 1978 ενώ το νικέλιο ένα χρόνο μετά, τον Απρίλιο του 1979. (Παντελίδου Μαρία, 2020)

3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές των μετάλλων

Κάθε παράγοντας που επηρεάζει τις τιμές των μετάλλων μπορεί να τις μεταβάλει σε διαφορετικό βαθμό, είτε με θετικό είτε με αρνητικό αντίκτυπο στην πορεία τους στο LME.

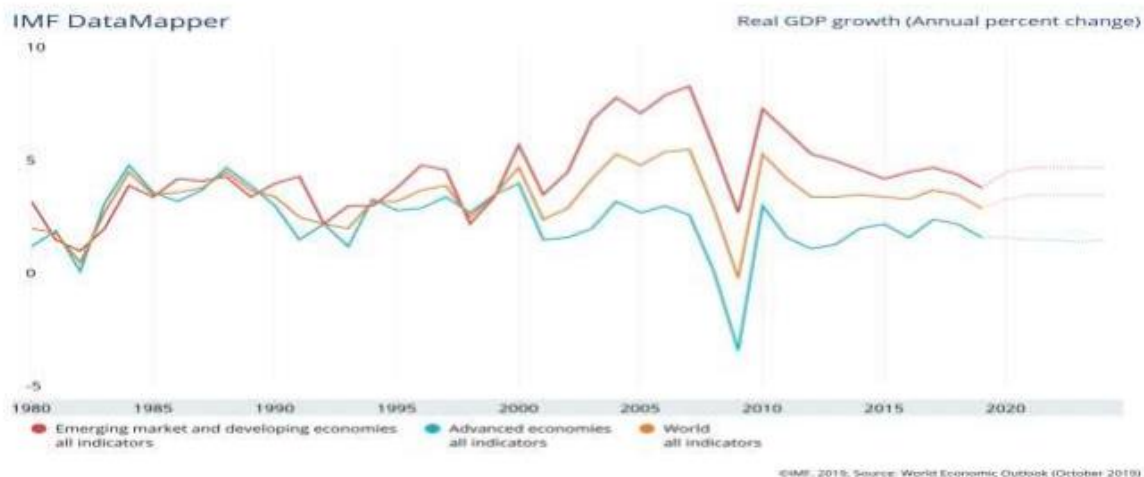
3.3.1 Αύξηση της ανταγωνιστικότητας

Είναι σημαντικό οι επιχειρήσεις να μπορούν να διαχειρίζονται και να προστατεύουν τα περιθώρια κέρδους τους από τα скаμπανεβάσματα των τιμών. Η σωστή και αποτελεσματική διαχείριση των εμπορευμάτων (commodity management) μπορεί να αποτελέσει πηγή ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος, καθώς μπορεί να μειώσει μέσο κόστος προμηθειών και το αντίκτυπο που έχει η μεταβλητότητα των τιμών στα κέρδη.

Καθώς οι αγορές των εμπορευμάτων και οι τιμές έχουν μεγάλο αντίκτυπο στα κέρδη ολόένα και περισσότερο, τα περιθώρια βελτίωσης γίνονται όλο και πιο σημαντικά για την ανταγωνιστικότητα του οργανισμού. (Agarwal, et al., 2007).

3.3.2 Μείωση απωλειών από τη διακύμανση των τιμών

Οι τιμές των εμπορευμάτων επηρεάζουν τις μακροοικονομικές επιδόσεις των χωρών με εξαγωγική δραστηριότητα και περισσότερο αυτές των αναπτυσσόμενων χωρών. Όπως φαίνεται και **στα διαγράμματα 3.9 και 3.10** παρατηρείται μεγάλη ανάπτυξη του ΑΕΠ αναπτυσσόμενων χωρών μέχρι την αρχή της χρηματοοικονομικής κρίσης το 2008, η οποία συνέπεσε με την ανάπτυξη των τιμών των εμπορευμάτων. (Spatafora & Tytell, 2010), (Παντελίδου Μαρία, 2020)

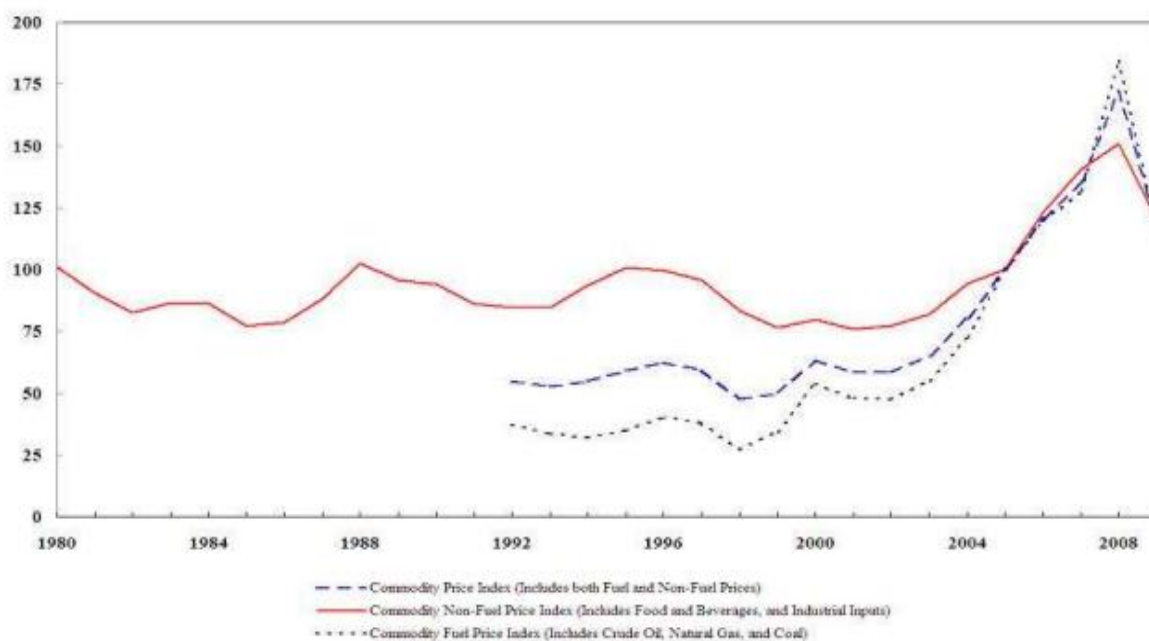


Διάγραμμα 3.9: Ανάπτυξη του ΑΕΠ

Οι τιμές των εμπορευμάτων αυξήθηκαν κατά 40% όπως προκύπτει από **το Διάγραμμα 3.10**, αύξηση η οποία ήταν σταθερή και ευρεία, καθώς παρατηρήθηκε σε διάφορα είδη προϊόντων, π.χ. ενεργειακά και βιομηχανικά προϊόντα, σε γεωργικές πρώτες ύλες και μέταλλα και άλλα

Υπάρχει, λοιπόν, μια ομοιότητα στην εξέλιξη του ΑΕΠ και των τιμών των μετάλλων στο ίδιο χρονικό διάστημα.

Γίνεται, λοιπόν, κατανοητό πως μια μεταβολή στις τιμές των μετάλλων μπορεί να επηρεάσει τις οικονομίες σε παγκόσμιο επίπεδο. Συνεπώς είναι σημαντικό να αναγνωριστούν οι παράγοντες που μπορεί να προκαλέσουν διακυμάνσεις στις τιμές των μετάλλων.



Διάγραμμα 3.10: Δείκτες τιμών εμπορευμάτων

3.3.3 Βελτίωση διαχείρισης έργου (project management)

Η διαχείριση έργου είναι ένα από τα πιο κρίσιμα στοιχεία σε μια επιτυχημένη επιχείρηση, καθώς επηρεάζει τα κέρδη και τις υποχρεώσεις και ουσιαστικά είναι ο τρόπος με τον οποίο θα επιτευχθεί ένας στόχος. Πρόκειται για ένα οργανωμένο και λεπτομερές πλάνο για το πως η επιχείρηση θα φτάσει στο επιθυμητό σημείο. Τα βασικά στοιχεία που πρέπει να διαχειριστεί ο υπεύθυνος του έργου είναι αλληλένδετα και είναι τα εξής:

- **Εμβέλεια:** Περιλαμβάνει το μέγεθος, τους στόχους και τις απαιτήσεις του έργου.
- **Πόροι:** Ανάγκη για ανθρώπους, εξοπλισμό και υλικά στη θέση τους.
- **Ωρα:** Αυτό δεν αφορά μόνο πόσο χρόνο θα πάρει το έργο συνολικά. Πρέπει να αναλυθεί σε διάρκεια εργασίας, εξαρτήσεις και κρίσιμη διαδρομή.
- **Κεφάλαιο:** Υπάρχει μια σταθερή αντίληψη για το κόστος, τα απρόοπτα και το κέρδος.

Οι διακυμάνσεις των τιμών μπορεί να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό την διαχείριση και εκτέλεση έργων μέσα σε επιχειρήσεις και οργανισμούς. Για το λόγο αυτό, η γνώση των παραγόντων που επηρεάζουν τις τιμές μπορεί να διασφαλίσει σε ένα βαθμό την ορθή εξέλιξη και έκβαση του έργου. (Reh, 2019)

3.3.4 Μείωση κινδύνου των τιμών (price risk management)

Είναι γνωστό ότι οι τιμές των εμπορευμάτων είναι αξιοσημείωτα μεταβαλλόμενες, καθώς αλλάζουν μέρα με τη μέρα ή ακόμη και λεπτό με λεπτό. Η μεταβλητότητα των τιμών είναι ακόμη μεγαλύτερη και από τις ισοτιμίες των νομισμάτων. Ως εκ τούτου, ο κίνδυνος που προκύπτει από τις μεταβολές των τιμών αποτελεί σημαντική πηγή κινδύνου σε έναν οργανισμό. (Bartram, 2005). Επιπλέον, μελέτες έχουν δείξει πως η αστάθεια και η συνεχής μεταβολή των τιμών έχει αρνητικό αντίκτυπο στην οικονομική ανάπτυξη, στη διανομή του εισοδήματος και στη μείωση της φτώχειας. (Larson, et al., 1998).

Κατανοώντας τους παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές των μετάλλων, οι οργανισμοί μπορούν να διαχειριστούν πιο αποτελεσματικά τους κινδύνους που προκύπτουν από την διακύμανση των τιμών.

3.4 Παράγοντες που συμβάλλουν στη διακύμανση των μετάλλων

Τα μέταλλα δεν έχουν συγκεκριμένα σημεία πώλησης, όπως τα περισσότερα κατασκευασμένα προϊόντα. Εμπορεύονται παγκοσμίως, είτε μέσω διμερών συμφωνιών είτε με *future contracts*. Στην παγκόσμια αγορά μικρές ελλείψεις ή πλεονάσματα μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικές μεταβολές των τιμών, δημιουργώντας μεταβλητότητα. Η μεταβλητότητα είναι ένα βασικό στοιχείο μιας

λειτουργικής αγοράς βασικών προϊόντων, καθώς παρέχει πληροφορίες στην αγορά ως προς την ισορροπία των δυνάμεων που επιδρούν και συμβάλλουν στις μεταβολές των τιμών. (Renner & Wellmer , 2019).

3.4.1 Κίνδυνος που πηγάζει από τη χώρα (Country risk)

Η ποιότητα όπως και η ποσότητα του μεταλλεύματος που εξορύσσεται μπορεί να επηρεάσει και να έχει αντίκτυπο στην τιμή. (Sainsbury, 2015).

Όταν γίνεται αναφορά ότι υπάρχει πλεόνασμα ενός υλικού σημαίνει πως η προσφορά υπερβαίνει της ζήτησης. Υψηλό πλεόνασμα προσφοράς όμως σημαίνει και πτώση τιμής του εμπορεύματος, όπως προκύπτει από το νόμο της προσφοράς. Από την άλλη πλευρά όμως, οποιοδήποτε γεγονός μπορεί να απειλήσει την προσφορά, όπως για παράδειγμα οι απεργίες, είναι πολύ πιθανό να προκαλέσει αύξηση των τιμών.

Ο υψηλός ρυθμός παγκόσμιας κατανάλωσης χαλκού απαιτεί και υψηλό επίπεδο συνεχούς παραγωγής. Σύμφωνα με την Investopedia (2018), η αποδοτική και κερδοφόρα εξόρυξη όμως εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως φόροι και κανονισμοί ορισμένοι από κυβερνήσεις, τα επίπεδα του πληθωρισμού, ποσοστά εργατικών μισθών, αποτελεσματική διαχείριση και διοίκηση εταιρειών εξόρυξης και οικονομικά αποδοτικές τεχνικές εξόρυξης.

3.4.2 Ζήτηση

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές των μετάλλων είναι η ζήτηση. Τα μέταλλα χρησιμοποιούνται ευρέως τόσο στις κατασκευές και τις μεταφορές όσο και στις τηλεπικοινωνίες. Όταν οι οικονομίες αναπτύσσονται, τότε αυξάνεται και η ζήτηση για νέες κατασκευές και συνεπώς αυξάνεται η ζήτηση για τα μέταλλα ως βασικό στοιχείο στον κατασκευαστικό τομέα.

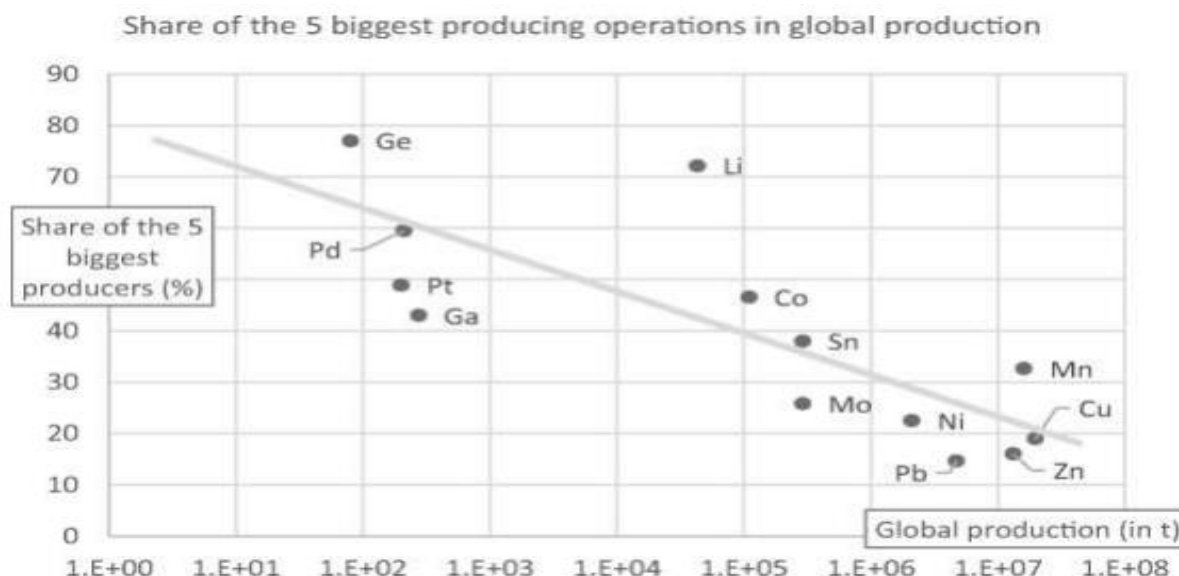
Η μείωση της ζήτησης μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την τιμή του μετάλλου, οδηγώντας σε πτώση.

Η ζήτηση για μέταλλα που προέρχεται από τις αναδυόμενες αγορές, αγορές με αυξανόμενη αστικοποίηση και εκβιομηχάνιση είναι ιδιαίτερα σημαντική και καθοριστική για την πορεία της τιμής του εκάστοτε μετάλλου.

3.4.3 Προσφορά - διαταραχές προσφοράς (supply disruptions)

Η προσφορά όπως και η ζήτηση αποτελούν θεμελιώδεις παράγοντες διαμόρφωσης των τιμών. Οι ανισορροπίες που δημιουργούνται στην αγορά και εξαρτώνται από την προσφορά αναμένονται όταν η παγκόσμια παραγωγή αντιβαίνει στη ζήτηση ή αλλάζει απότομα. Σημαντικές μεταβολές στην προσφορά ενδέχεται να προκληθούν από το άνοιγμα ή αντίθετα το κλείσιμο ενός μεμονωμένου οργανισμού - επιχείρησης παραγωγής μεταλλεύματος, ειδικά αν κατέχει σημαντικό μερίδιο στην παγκόσμια

παραγωγή. (Renner & Wellmer , 2019). Στο παρακάτω διάγραμμα 3.11 φαίνεται το μερίδιο αγοράς των 5 μεγαλύτερων παραγωγών και της παγκόσμιας παραγωγής ανά μέταλλο σε τόνους.



Διάγραμμα 3.11: Μερίδιο αγοράς 5 μεγαλύτερων παραγωγών και παγκόσμια παραγωγή σε τόνους

Όπως είναι φανερό, το μερίδιο αγοράς των βασικών μετάλλων (χαλκός, αλουμίνιο, μόλυβδος, κασσίτερος, ψευδάργυρος) είναι μικρότερο, καθώς υπάρχουν περισσότεροι παραγωγοί. Για παράδειγμα οι 5 μεγαλύτεροι παραγωγοί χαλκού καταλαμβάνουν το 20% της παγκόσμιας παραγωγής, ενώ όσον αφορά το γερμάνιο, το οποίο είναι ένα δευτερεύον μέταλλο, οι 5 μεγαλύτεροι παραγωγοί καταλαμβάνουν σχεδόν το 80% της παγκόσμιας παραγωγής. (Renner & Wellmer , 2019).

Είναι κατανοητό ότι όσο μεγαλύτερη συσχέτιση υπάρχει μεταξύ της κατανομής του μεριδίου αγοράς εξόρυξης και παραγωγής και του εκάστοτε μετάλλου τόσο περισσότερο τυχόν μεταβολές στο μερίδιο αγοράς θα επηρεάσουν την τιμή του μετάλλου.

Συμπερασματικά, όσο μικρότερη είναι η εξόρυξη και συνεπώς η παραγωγή ενός μετάλλου, τόσο πιο πολύτιμο αγαθό θεωρείται και άρα αυξάνεται η τιμή. Αντιστρόφως, όσο η εξόρυξη ενός μεταλλεύματος αυξάνεται, τόσο μειώνεται η τιμή του υλικού. Σύμφωνα με τον Norland (2016), όσον αφορά την εξόρυξη χαλκού, η οποία έχει αυξηθεί σημαντικά από το 1994, τα κόστη παραγωγής έχουν μειωθεί, καθιστώντας κερδοφόρα την εξόρυξη του μετάλλου. (Παντελίδου Μαρία, 2020)

3.4.4 Συναλλαγματικές ισοτιμίες - Αμερικάνικο δολάριο

Τα μέταλλα είναι συνδεδεμένα, όπως και κάθε άλλος τομέας με την παγκόσμια οικονομία μέσω ποικίλων μηχανισμών των συναλλαγματικών ισοτιμιών και οι τιμές των μετάλλων μεταβάλλονται καθώς μεταβάλλονται και οι χρηματιστηριακές αγορές. Τα μέταλλα διαπραγματεύονται στο LME σε δολάρια. Έτσι, μια μεταβολή στην ισοτιμία του δολαρίου έναντι άλλων νομισμάτων επηρεάζει την αξία των μετάλλων

εκφρασμένη σε άλλα νομίσματα. Οι κινήσεις, όμως των ισοτιμιών επηρεάζουν και την πλευρά των παραγωγών, καθώς ένα αδύναμο δολάριο μπορεί αν λειτουργήσει ως αντικίνητρο στην αύξηση της παραγωγής ή εξόρυξης μεταλλεύματος. Συνεπώς, η μείωση του περιθωρίου κέρδους δρα ως ανασταλτικός παράγοντας για την παραγωγή και εξόρυξη και άρα για την προσφορά εμπορευμάτων (Sainsbury, 2015).

Όπως γίνεται κατανοητό το αδύναμο δολάριο είναι ένας παράγοντας που ενισχύει και υποστηρίζει υψηλότερες τιμές στα μέταλλα και αντίστροφα όταν το δολάριο ισχυροποιείται έναντι των άλλων νομισμάτων, οι τιμές των μετάλλων μειώνονται.

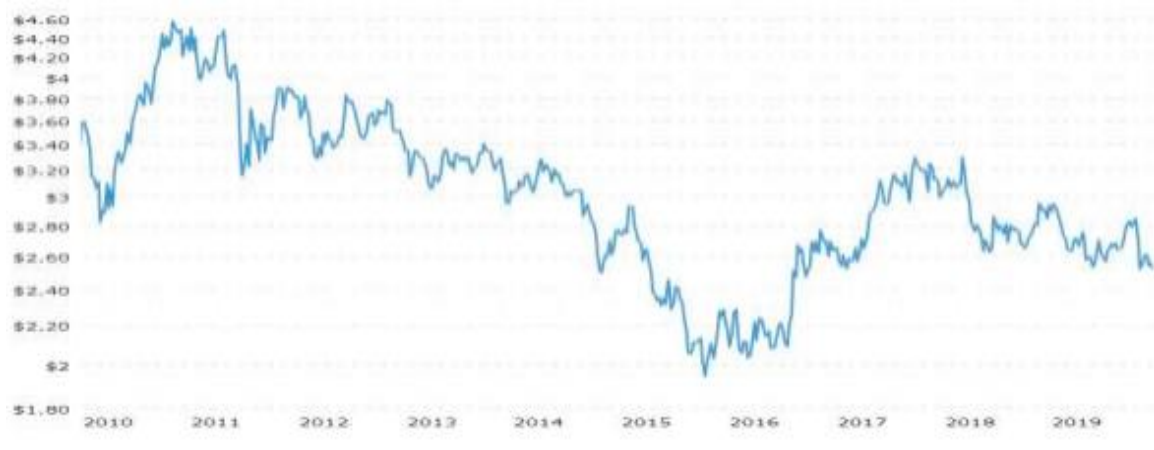
Στο **παρακάτω Διάγραμμα 3.12** παρουσιάζεται η κίνηση του Δείκτη Δολαρίου από το 2010 - 2020, δείκτης που δείχνει την αξία του δολαρίου έναντι στα περισσότερα συναλλασσόμενα νομίσματα παγκοσμίως (ευρώ, ιαπωνικό γιεν, στερλίνα, καναδικό δολάριο, σουηδική κορόνα, ελβετικό φράγκο). Ο δείκτης δολαρίου αυξάνεται όταν το δολάριο ενισχύεται έναντι των άλλων νομισμάτων. Αντίστοιχα δίνονται για το ίδιο χρονικό διάστημα οι πορείες των τιμών του χαλκού, του αλουμινίου και του νικελίου.

Κατά το χρονικό διάστημα 2014-2016 το δολάριο ανατιμήθηκε κατά 23%, ο δείκτης δηλαδή του δολαρίου διαπραγματεύτηκε από το επίπεδο των 78,93 μονάδων στο επίπεδο 97. (Kowalski & Scott, 2020) Πολλά ήταν τα εμπορεύματα εκείνα σύμφωνα που κινήθηκαν χαμηλότερα την ίδια χρονική περίοδο, αποδεικνύοντας την αντίστροφη σχέση της αξίας του δολαρίου και των τιμών των εμπορευμάτων. (Παντελίδου Μαρία, 2020)

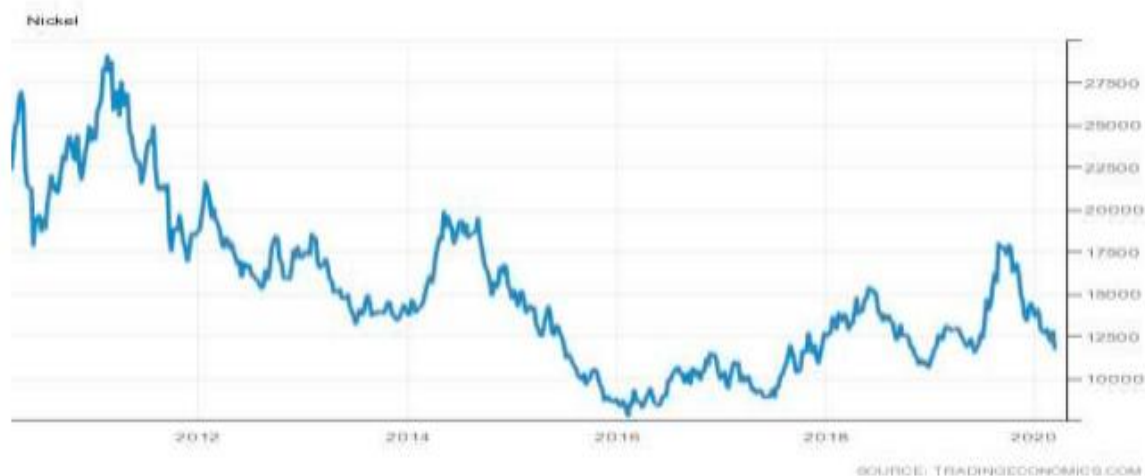


Διάγραμμα 3.12: Κίνηση του δείκτη USD το διάστημα 2010-2020.

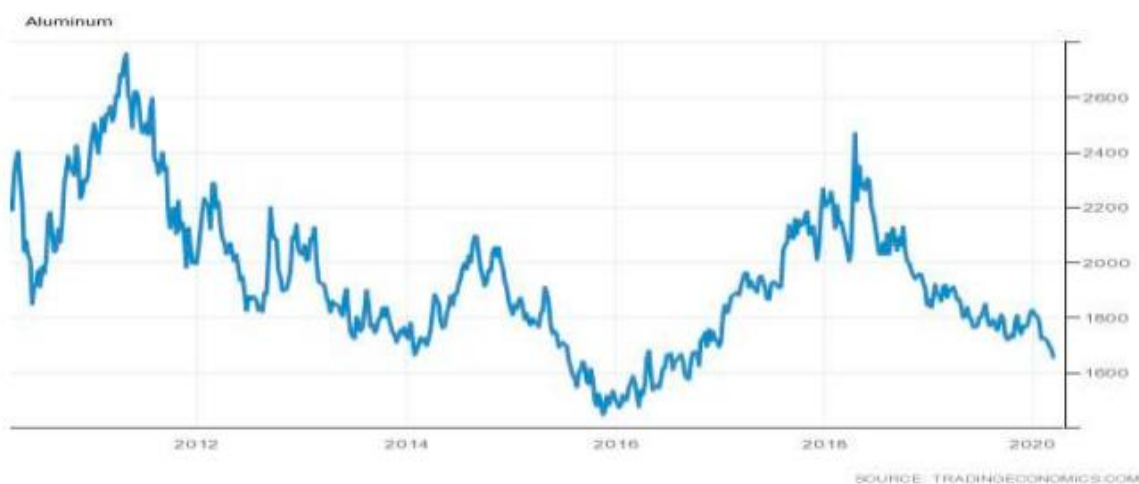
Προκύπτει η δυνατότητα εξέτασης της πορείας των τιμών του χαλκού, του αλουμινίου και του νικελίου για το ίδιο χρονικό διάστημα. Αν εστιάσει κανείς στην **περίοδο 2014 - 2016**, παρατηρείται και στα τρία μέταλλα η ίδια πτωτική κίνηση.



Διάγραμμα 3.13: Πορεία της τιμής του χαλκού, \$/round



Διάγραμμα 3.14: Πορεία της τιμής του νικελίου, \$/ton

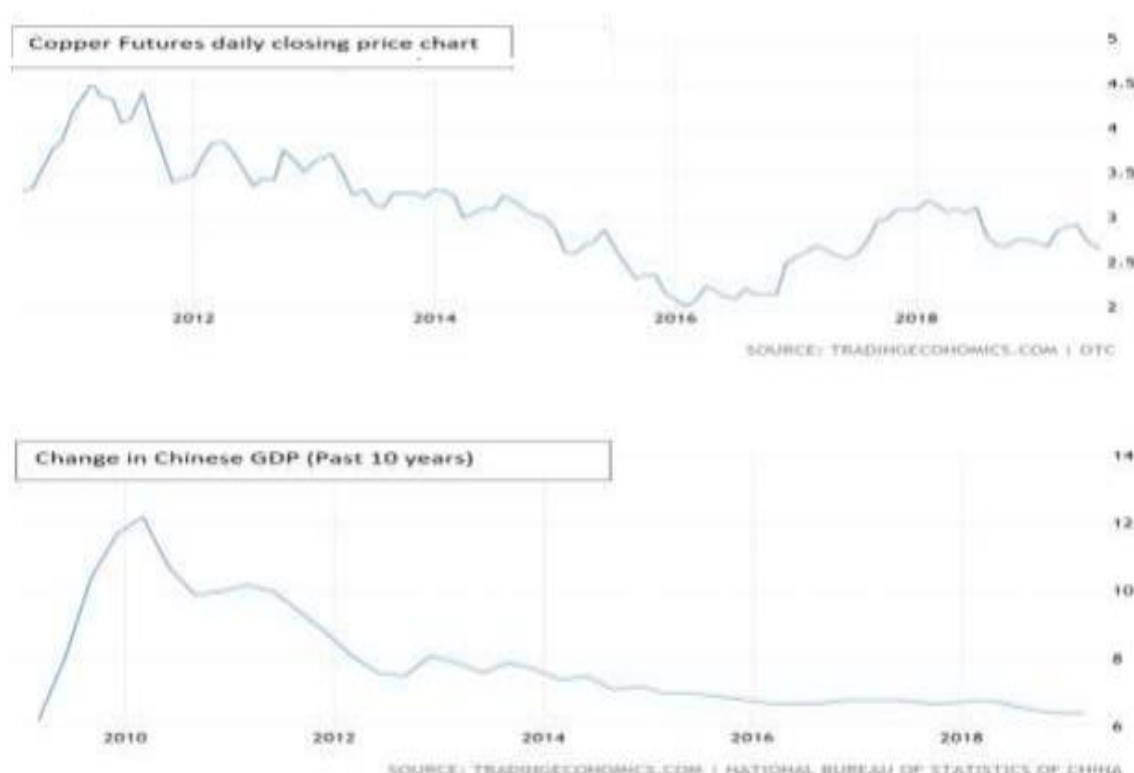


Διάγραμμα 3.15: Πορεία της τιμής του αλουμινίου, \$/ton.

Συμπερασματικά, υπάρχει αντίστροφη σχέση μεταξύ του αμερικάνικου δολαρίου και των τιμών των μετάλλων.

3.4.5 Σχέση τιμής πετρελαίου και ΑΕΠ κάθε χώρας με την τιμή των μετάλλων

Τα μεταλλεύματα που εξορύσσονται και τα προϊόντα μετάλλων που παράγονται από αυτά μεταφέρονται ανά τον κόσμο. Τα κόστη μεταφοράς επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την τιμή του πετρελαίου και κατά συνέπεια και τις τιμές των μετάλλων.



Διάγραμμα 3.16: Τιμή του χαλκού και πορεία του ΑΕΠ της Κίνας. Διαφαίνεται η άρρηκτη σχέση της τιμής του μετάλλου με την πορεία του ΑΕΠ της Κίνας. Το 2017, όπου το ΑΕΠ παρουσίασε αύξηση της τάξης των 6,2%, η χώρα κατανάλωσε 4 φορές περισσότερο χαλκό από τις ΗΠΑ και 2 φορές από όλη την ήπειρο της Ασίας. Η πορεία των 2 διαγραμμάτων είναι αρκετά όμοια. Εστιάζοντας στο 2018, το ΑΕΠ ακολουθεί την ανοδική τάση της τιμής του μετάλλου, αλλά μειώθηκε και έπεσε για το υπόλοιπο του έτους μετά και την επιβολή των δασμών από τις Η.Π.Α., εκτός από ένα σύντομο διάστημα στα τέλη του έτους όπου άρχισαν οι διαπραγματεύσεις μεταξύ των δύο οικονομικών δυνάμεων. (Παντελίδου Μαρία, 2020)

3.4.6 Αποθέματα

Είναι λογικό πως όσο η ζήτηση για ένα υλικό ξεπερνά την παραγωγή, τόσο η τιμή του θα παραμένει υψηλή. Για το λόγο αυτό δημιουργούνται τα αποθέματα. Τα αποθέματα συμβάλλουν στην αντιστάθμιση ορισμένων πιέσεων στις τιμές των

μετάλλων, που ωστόσο αποτελεί μια βραχυπρόθεσμη λύση. (Kabwe & Yiming, 2015)
Είναι πάντως φυσιολογικό οι τιμές και τα επίπεδα των αποθεμάτων να κινούνται σε
αντίθετες κατευθύνσεις. (Wellmer, 2019) (Investing)

3.5 Συμπέρασμα

Η γνώση και η κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν τις τιμές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία πρόβλεψης της πορείας τους αλλά και ως εργαλεία ερμηνείας των συμπεριφορών τους. Καθημερινά είναι πιθανό περισσότεροι από ένας παράγοντας να επιδρά σε ένα μέταλλο ενώ επίσης κάποια μέταλλα αποτελούν δείκτες ανάπτυξης κάποιων χωρών.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως νέοι παράγοντες δημιουργούνται στο συνεχώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον που απαιτούν εκ νέου μελέτη για το βαθμό στον οποίο επηρεάζουν τις τιμές των μετάλλων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η κρίση που έχει επιφέρει στη διεθνή αγορά η πανδημία του νέου κορονοϊού που επηρέασε αντίστοιχα και τις τιμές των μετάλλων στα διεθνή Χρηματιστήρια.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω δεδομένα, τους παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές των μετάλλων καθώς και το γεγονός ότι η παραγωγή, η εξόρυξη και η επεξεργασία τους είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα, καθώς αποτελούν διαδικασίες εντάσεως ενέργειας, η κατανόηση των διαγραμμάτων γίνεται ευκολότερη και πιο κατανοητή.

Κεφάλαιο 4 : Παρουσιάσεις προτύπων πρόβλεψης τιμών μετάλλων μέσω διαγραμμάτων και τρόπος λειτουργίας του TSAF

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή του προηγούμενου κεφαλαίου, χρησιμοποιήθηκαν δύο μοντέλα πρόβλεψης για τις τιμές των μετάλλων και των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Το ζητούμενο ήταν να βρεθούν αυτές οι προβλέψεις και να γίνει σύγκριση με τις πραγματικές τιμές. Ανάλογα με το ποσοστό συσχέτισης αποφασίζεται και ποιο μοντέλο είναι χρησιμότερο και πιο αποτελεσματικό για κάθε μέταλλο.

Τα δύο μοντέλα πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκαν είναι το **αυτοπαλινδρόμικο μοντέλο AR(p)** και το **μοντέλο κινούμενου μέσου MA(q)**. Λεπτομέρειες για τον τρόπο λειτουργίας τους και το πότε χρησιμοποιούνται υπάρχουν εκτενώς στο Κεφάλαιο 2, ενώ λίγα λόγια και πιο ευκόλως κατανοητά υπάρχουν στην Εισαγωγή. Φυσικά εκτός από τα μοντέλα χρησιμοποιούνται και έννοιες όπως partial auto-correlation, stationary, lags, etc., έννοιες που είναι καθοριστικές στην επιλογή μοντέλου και οι οποίες προφανώς αναλύονται στο θεωρητικό μέρος της εργασίας.

Για τις πραγματικές τιμές σε πραγματικό χρόνο κάποιος μπορεί να επισκεφτεί την ιστοσελίδα investing.com όπου εκτός από το ζητούμενο της εργασίας υπάρχουν επιπλέον ενδιαφέροντα πράγματα, όπως συμβουλές για επενδύσεις, πληροφορίες για παγκόσμιες χρηματοπιστωτικές αγορές, κρυπτονομίσματα και άλλα πολλά.

Χρησιμοποιώντας το Tsaf που στην ουσία είναι η ανάλυση χρονοσειρών και πρόβλεψη (Time series analysis and forecast) δίνεται η δυνατότητα για γρήγορη ανάλυση χρονοσειρών και πρόβλεψης του μέλλοντος. Αυτό πραγματοποιείται μέσω της χρήσης της Matlab, μιας γλώσσας προγραμματισμού, την οποία χρησιμοποιώ για να ανοιχθεί και να λειτουργήσει το παραπάνω πρόγραμμα. (Investing)

4.1 Στόχος και χρήση Tsaf

Αρχικά, χρησιμοποιούνται τα ιστορικά δεδομένα και ο στόχος είναι η πρόβλεψη των μελλοντικών τιμών. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εισαγωγή των ιστορικών δεδομένων και σε ένα μοντέλο, όπου αργότερα θα το χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη. (Iman, Concept, 2016)

Βλέποντας αυτό το πρόβλημα από συστηματική άποψη, δίνεται αυτή η παρατήρηση (y) και στόχος είναι η τροφοδότηση των παρατηρήσεων σε ένα σύστημα. Αυτό το είδος μοντελοποίησης μπορεί να υλοποιηθεί εάν και μόνο εάν το (y) ή η παρατήρηση που πραγματοποιείται είναι μια σταθερή διαδικασία. Από τεχνική άποψη, μια διεργασία ονομάζεται σταθερή εάν η αναμενόμενη τιμή είναι σταθερή και η συνδιακύμανση είναι συνάρτηση της καθυστέρησης (lag) και όχι συνάρτηση του χρόνου.

- Η πρώτη συνθήκη είναι η τιμή να ανεβαίνει και να κατεβαίνει, πάνω και κάτω, αλλά ο μέσος όρος να είναι πάντα σταθερός γύρω στο 0. Αλλά, για παράδειγμα, αν υπάρχει τάση, δεν είναι σταθερή επειδή είναι ανοδική. Το ίδιο ισχύει αν κατεβαίνει.

- Η δεύτερη συνθήκη διαισθητικά σημαίνει ότι η διακύμανση είναι σταθερή.

Το πρόβλημα είναι ότι πολλές διαδικασίες είναι σταθερές. Έτσι, ο πρώτος στόχος είναι να μετατραπεί μια μη σταθερή τιμή σε ένα σταθερό, και έτσι στη συνέχεια μπορεί να τροφοδοτηθεί σε ένα μοντέλο.

Γενικά, κάθε τιμή είναι ένας συνδυασμός εποχικότητας, τάσης και τυχαίων διακυμάνσεων. Έτσι, για να μετατραπεί μια μη σταθερή τιμή σε σταθερή, πρώτα πρέπει να αφαιρεθεί η τάση και στη συνέχεια η εποχικότητα αποσκοπώντας μετά την αφαίρεσή τους, να καταλήξει σε τυχαία διακύμανση που είναι σταθερή, όπου σε αυτό το σημείο, αυτή η τυχαία διακύμανση μπορεί να τροφοδοτηθεί σε ένα σύστημα.

4.2 Απαλοιφή τάσης και περιοδικότητας (Trend and Seasonality)

Εάν υπάρχει μια τιμή που μετατοπίζεται στο πεδίο χρόνου, αυτή η τιμή $y(t - t_0)$ μπορεί να παρουσιαστεί ως το αρχικό $y(t)$ πολλαπλασιασμένο με τον τελεστή μετατόπισης (z^{-t_0}). (Iman, Time Series Analysis and Forecast , 2016)

$$y(t - t_0) = z^{-t_0} * y(t)$$

Εάν μετατοπιστεί κατά μία μονάδα, μπορεί να παρουσιαστεί ως

$$y(t - 1) = z^{-1} * y(t)$$

ή εάν μετατοπιστεί κατά τρεις μονάδες ως

$$y(t - 3) = z^{-3} * y(t)$$

4.2.1 Απαλοιφή τάσης

Γενικά, εάν στόχος είναι η αφαίρεση της τάσης, η τιμή $y(t)$ πρέπει να πολλαπλασιαστεί με αυτόν τον όρο $(1 - z^{-1})^D$ ή πρέπει να φιλτραριστεί το $y(t)$ με αυτόν το τύπο $(1 - z^{-1})^D$.

Το «D» είναι ένας θετικός ακέραιος και μπορεί το 1,2,3 να εξαρτάται από τη φύση του σήματος. Για παράδειγμα, αν το $y(t)$ είναι γραμμική συνάρτηση ή έχει γραμμική τάση (σε αυτή την περίπτωση $D=1$). Οπότε για να αφαιρεθεί η τάση (t) το μόνο που χρειάζεται να κάνω είναι να φιλτράρω το $y(t)$. **(Εικόνα 16)**

Ορίζω $D=1$ επειδή αυτό το σήμα έχει γραμμική τάση. Οπότε αν φιλτραριστεί με αυτόν το τύπο $(1 - z^{-1})$ και γίνει κάποια απλοποίηση καταλήγει σε 1. Όπως φαίνεται, πολλαπλασιάζοντας το $y(t)$ με αυτόν τον όρο $(1 - z^{-1})^D$ η τάση έχει απομακρυνθεί (1). **(Εικόνα 16)**

$$(1 - z^{-1})^D y(t)$$

Example 1 ($D = 1$)

$$y(t) = t$$

$$\begin{aligned}(1 - z^{-1})y(t) &= y(t) - z^{-1}y(t) = y(t) - y(t-1) \\ &= t - (t-1) = 1\end{aligned}$$

Εικόνα 15: Trend removal ($D=1$)

$$(1 - z^{-1})^D y(t)$$

Example 1 ($D = 2$)

$$y(t) = t^2$$

$$\begin{aligned}(1 - z^{-1})^2 y(t) &= (1 - 2z^{-1} + z^{-2}) y(t) \\ &= y(t) - 2z^{-1}y(t) + z^{-2}y(t) \\ &= y(t) - 2y(t-1) + y(t-2) \\ &= t^2 - 2(t-1)^2 + (t-2)^2 = 2\end{aligned}$$

Εικόνα 16: Trend removal ($D=2$)

4.2.2 Απαλοιφή περιοδικότητας

Ας ειπωθεί ότι το $y(t)$ είναι μια περιοδική συνάρτηση και ότι η θεμελιώδης περίοδος αυτής της συνάρτησης είναι s . Για να αφαιρεθεί η περιοδικότητα το μόνο που χρειάζεται να γίνει είναι να πολλαπλασιαστεί το $y(t)$ με αυτόν τον όρο $(1 - z^{-s})$ ή να φιλτραριστεί το $y(t)$ με τον τύπο $(1 - z^{-s})$

S: είναι η θεμελιώδης περίοδος

Κάνοντας κάποιον απλό υπολογισμό, σημαίνει ότι για να αφαιρεθεί η εποχικότητα πρέπει να αφαιρεθεί το σήμα από τη μετατοπισμένη μορφή του κατά μονάδες s .

$$(1 - z^{-s})y(t)$$

$$y(t) - z^{-s}y(t)$$

$$y(t) - y(t-s)$$

Ακολουθεί παράδειγμα απαλοιφής περιοδικότητας.

Η παρακάτω ημιτονοειδής είναι περιοδική και η περίοδος εδώ είναι 6. Για να αφαιρεθεί η εποχικότητα το μόνο που χρειάζεται να γίνει είναι ο πολλαπλασιασμός του $y(t)$ με αυτόν τον όρο $(1 - z^{-6})$. Ορίζεται $s = 6$ γιατί η περίοδος είναι 6. Μετά από κάποιους υπολογισμούς, όπως φαίνεται παρακάτω, και με βάση την τριγωνομετρία καταλήγει στο 0. Έτσι, πολλαπλασιάζοντας το $y(t)$ με αυτόν το όρο $(1 - z^{-6})$ η περιοδικότητα μπορεί να αφαιρεθεί **(Εικόνα 18)**

$$\begin{aligned}
 y(t) &= \sin\left(\frac{2\pi}{6} \times t\right) \\
 (1 - z^{-6})y(t) &= y(t) - z^{-6}y(t) = \\
 y(t) - y(t-6) &= \sin\left(\frac{2\pi}{6} \times t\right) - \sin\left(\frac{2\pi}{6} \times (t-6)\right) \\
 &= \sin\left(\frac{2\pi}{6} \times t\right) - \sin\left(\frac{2\pi}{6} \times t - 2\pi\right) \\
 &= \sin\left(\frac{2\pi}{6} \times t\right) - \sin\left(\frac{2\pi}{6} \times t\right) = 0
 \end{aligned}$$

Εικόνα 17: Παράδειγμα απαλοιφής περιοδικότητας

4.3 Τιμές AR, MA

Όπως απεικονίζεται, το output $y(t)$ εξαρτάται από τα προηγούμενα inputs (MA) και τα προηγούμενα outputs (AR). Η μεγαλύτερη υστέρηση (lag) μαρτυράει τη τιμή του τμήματος AR (p). Για παράδειγμα, εάν η μεγαλύτερη υστέρηση ή η μεγαλύτερη καθυστέρηση είναι p, η τιμή του autoregressive είναι p και εάν η μεγαλύτερη καθυστέρηση είναι q, η τιμή του moving average είναι q. **(Εικόνα 19)**

Για παράδειγμα, η τιμή του τμήματος AR είναι 2 επειδή η μεγαλύτερη καθυστέρηση είναι 2 και η τιμή του MA είναι 1, επειδή η μεγαλύτερη καθυστέρηση είναι 1. **(Εικόνα 19)** (Iman, Time Series Analysis and Forecast, 2016)

$$y(t) = x(t) + a_1 x(t-1) + a_2 x(t-2) + \dots + b_1 y(t-1) + b_2 y(t-2) + \dots$$

MA (q)

AR (p)

$$y(t) = x(t) + 0.8x(t-1) + 0.8y(t-1) - 0.4y(t-2)$$

MA (1)

AR (2)

$$y(t) = x(t) + 0.6y(t-1) - 0.2y(t-3)$$

MA (0)

AR (3)

Εικόνα 18: Τιμές AR και MA

4.3.1 Το ερώτημα είναι πως μπορεί να γίνει γνωστό αν υπάρχει περιοδικότητα στη τιμή ή αν υπάρχουν τάσεις ή αν το μοντέλο είναι auto - regressive ή moving average.

Για να αναγνωριστούν αυτά, χρησιμοποιούνται δύο εργαλεία (δύο μεθόδοι) :

- Το πρώτο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι το Fourier Transform (μετασχηματισμός Fourier, FT). Συγκεκριμένα, όταν εφαρμόζεται το Fourier Transform στο σήμα και αν βρεθεί το σήμα σε ένα πεδίο συχνότητας, αν υπάρχει μια αιχμή (spike), αυτή η αιχμή αντιστοιχεί σε μια αρμονική συχνότητα και μπορεί να αναλυθεί αν υπάρχει εποχικότητα ή όχι.
- Το δεύτερο εργαλείο είναι η αυτοσυσχέτιση (autocorrelation ac) ή η μερική αυτοσυσχέτιση (partial autocorrelation).

Αυτοσυσχέτιση σημαίνει εάν τα δείγματα συσχετίζονται μεταξύ τους ή όχι.

Η μερική αυτοσυσχέτιση είναι το ίδιο πράγμα, αλλά αφαιρείται η γραμμική εξάρτηση από τα προηγούμενα δείγματα για να βρεθεί η αυτοσυσχέτιση.

Η αυτοσυσχέτιση ή η μερική αυτοσυσχέτιση μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κριθεί αν το σύστημα είναι Autoregressive ή Moving average ή συνδυασμός και των δύο.

Autoregressive: αυτοπαλινδρόμενο

Moving average: κινούμενος μέσος

Fourier Transform:

Ένας μετασχηματισμός Fourier (FT) είναι ένας μαθηματικός μετασχηματισμός που αποσυνθέτει συναρτήσεις ανάλογα με το χώρο ή το χρόνο σε συναρτήσεις ανάλογα με τη χωρική συχνότητα ή τη χρονική συχνότητα . Αυτή η διαδικασία ονομάζεται επίσης *ανάλυση*. Έχει πολλές εφαρμογές στη Μηχανική και τη Φυσική, όπως επεξεργασία σήματος, RADAR και ούτω καθεξής. Η έξοδος του μετασχηματισμού αντιπροσωπεύει την εικόνα στο πεδίο Fourier ή συχνότητας, ενώ η εικόνα εισόδου είναι ισοδύναμη με το χωρικό πεδίο. (Conte, S. D.; de Boor, Carl (1980), 1980)

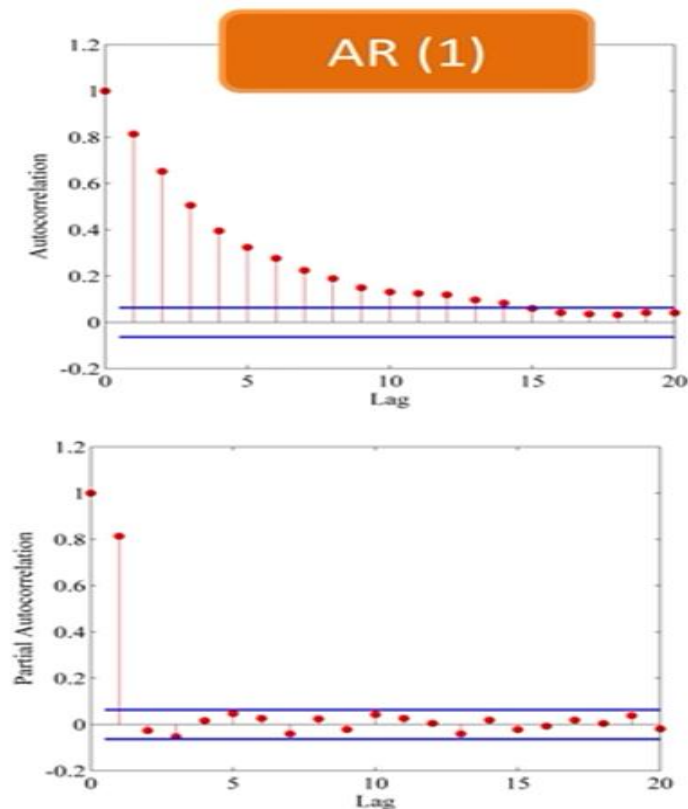
4.4 Ανάλυση διαγραμμάτων AC και Partial AC και επιλογή μοντέλων πρόβλεψης

Model	Autocorrelation	Partial Autocorrelation
AR(<i>p</i>)	Tails off gradually	Cuts off after <i>p</i> lags
MA(<i>q</i>)	Cuts off after <i>q</i> lags	Tails off gradually
ARMA(<i>p,q</i>)	Tails off gradually	Tails off gradually

Πίνακας 4.1: Models, AC, Partial AC (Iman, ARMA, 2016)

Σε ένα μοντέλο αυτοπαλινδρόμησης με τη σειρά του p , η αυτοσυσχέτιση διακόπτεται σταδιακά και η μερική αυτοσυσχέτιση διακόπτεται μετά από καθυστερήσεις p . **(Πίνακας 4.1)**

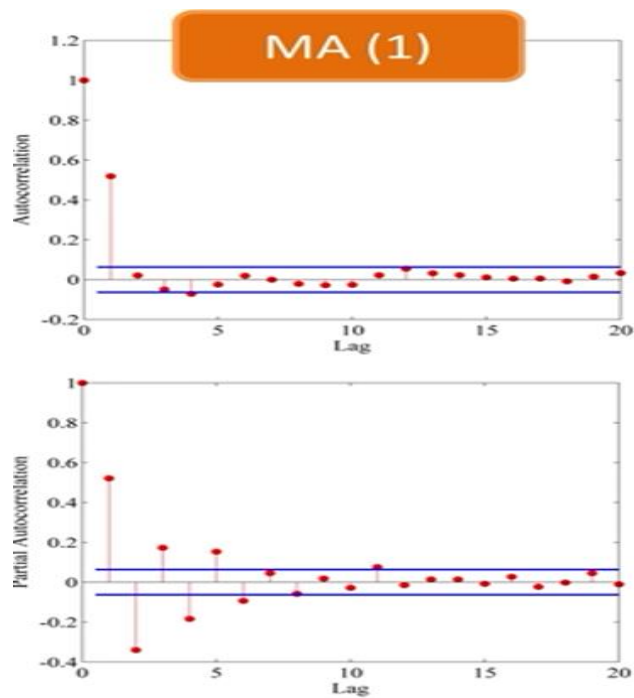
Για παράδειγμα, στο γράφημα φαίνεται το $AR(1)$ με τη σειρά του 1 και απεικονίζεται η αυτοσυσχέτιση και την μερική αυτοσυσχέτιση. Η αυτοσυσχέτιση μεταβάλλεται σταδιακά και η μερική αυτοσυσχέτιση διακόπτεται ακριβώς μετά από μία καθυστέρηση (one lag) επειδή η σειρά είναι 1. **(Διάγραμμα 4.1)**



Διάγραμμα 4.1: $AR(1)$ (Iman, ARMA, 2016)

Για το μοντέλο MA, συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο. Εάν η σειρά είναι q , η αυτοσυσχέτιση διακόπτεται μετά από καθυστερήσεις q , αλλά η μερική αυτοσυσχέτιση διακόπτεται σταδιακά. **(Πίνακας 4.1)**

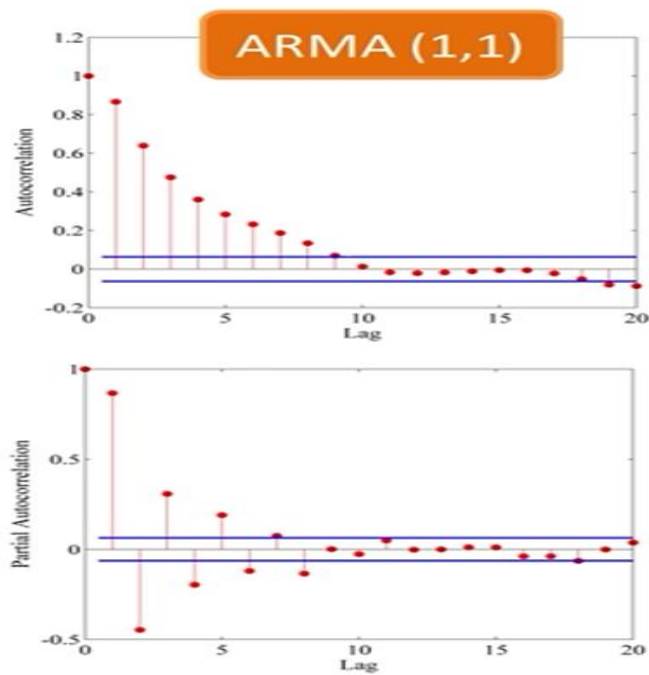
Όπως φαίνεται στο παρακάτω γράφημα η αυτοσυσχέτιση διακόπτεται ακριβώς μετά από 1 καθυστέρηση και η μερική αυτοσυσχέτιση διακόπτεται σταδιακά. **(Διάγραμμα 4.2)**



Διάγραμμα 4.2: MA(1)

Εάν το μοντέλο είναι ARMA, η αυτοσυσχέτιση και η μερική αυτοσυσχέτιση απομακρύνονται σταδιακά. (Πίνακας 4.1)

Σύμφωνα με το γράφημα, η αυτοσυσχέτιση απομακρύνεται σταδιακά και η μερική αυτοσυσχέτιση απομακρύνεται σταδιακά. (Διάγραμμα 4.3)



Διάγραμμα 4.3: ARMA(1,1)

**** ό,τι υπάρχει μεταξύ αυτών των δύο γαλάζιων γραμμών (των δύο ζωνών) δεν είναι στατιστικά σημαντικό και μπορεί να αγνοηθεί.**

• <i>Trend</i>	$(1 - z^{-1})^D y(t)$
• <i>Seasonality</i>	$(1 - z^{-s}) y(t)$
• <i>ARMA</i>	<i>AC and PAC</i>
• <i>Try different models</i>	<i>Bayesian Information Criteria</i>

Εικόνα 19: Αφαίρεση τάσης και περιοδικότητας, επιλογή μοντέλου βάση αυτοσυσχέτισης και μερικής αυτοσυσχέτισης καθώς και δοκιμή διαφορετικών μοντέλων

Εάν πρέπει να κριθεί αν το μοντέλο είναι AR, MA ή ARMA πρέπει να εξεταστεί η αυτοσυσχέτιση και η μερική αυτοσυσχέτιση.

Μερικές φορές το σύστημα είναι περίπλοκο και πρέπει να δοκιμαστούν διαφορετικά μοντέλα ώστε να επιλεγεί ένα από αυτά. Υπάρχει ένα **κριτήριο που λέγεται Bayesian Information Criteria**, οπότε αν κάποιος δεν είναι σίγουρος για το ποιο μοντέλο να χρησιμοποιήσει, μπορεί να δοκιμάσει να φτιάξει διαφορετικά μοντέλα και μετά να διαλέξει αυτό με το μικρότερο Bayesian Information Criteria. **(Εικόνα 20)**

Όπως φαίνεται όλα είναι κάπως συστηματικά, γι 'αυτό θα χρησιμοποιηθεί τη βοήθεια της Matlab το πρόγραμμα που **ονομάζεται TSAF**, όπου μπορεί να προσφέρει μεγάλη διευκόλυνση.

Bayesian Information Criteria

Το κριτήριο πληροφοριών Bayes (BIC) ή το κριτήριο πληροφοριών Schwarz (επίσης SIC, SBC, SBIC) είναι ένα κριτήριο για την επιλογή μοντέλου μεταξύ ενός πεπερασμένου συνόλου μοντέλων. Τα μοντέλα με χαμηλότερο BIC προτιμώνται γενικά. Βασίζεται, εν μέρει, στη συνάρτηση πιθανότητας και συνδέεται στενά με το κριτήριο πληροφοριών Akaike (AIC).

Κατά την τοποθέτηση μοντέλων, είναι δυνατό να αυξηθεί η πιθανότητα προσθέτοντας παραμέτρους, αλλά κάτι τέτοιο μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την υπερβολική τοποθέτηση . Τόσο το BIC όσο και το AIC προσπαθούν να επιλύσουν αυτό το πρόβλημα εισάγοντας έναν όρο ποινής για τον αριθμό των παραμέτρων στο μοντέλο. Ο όρος ποινής είναι μεγαλύτερος στο BIC από ότι στο AIC.

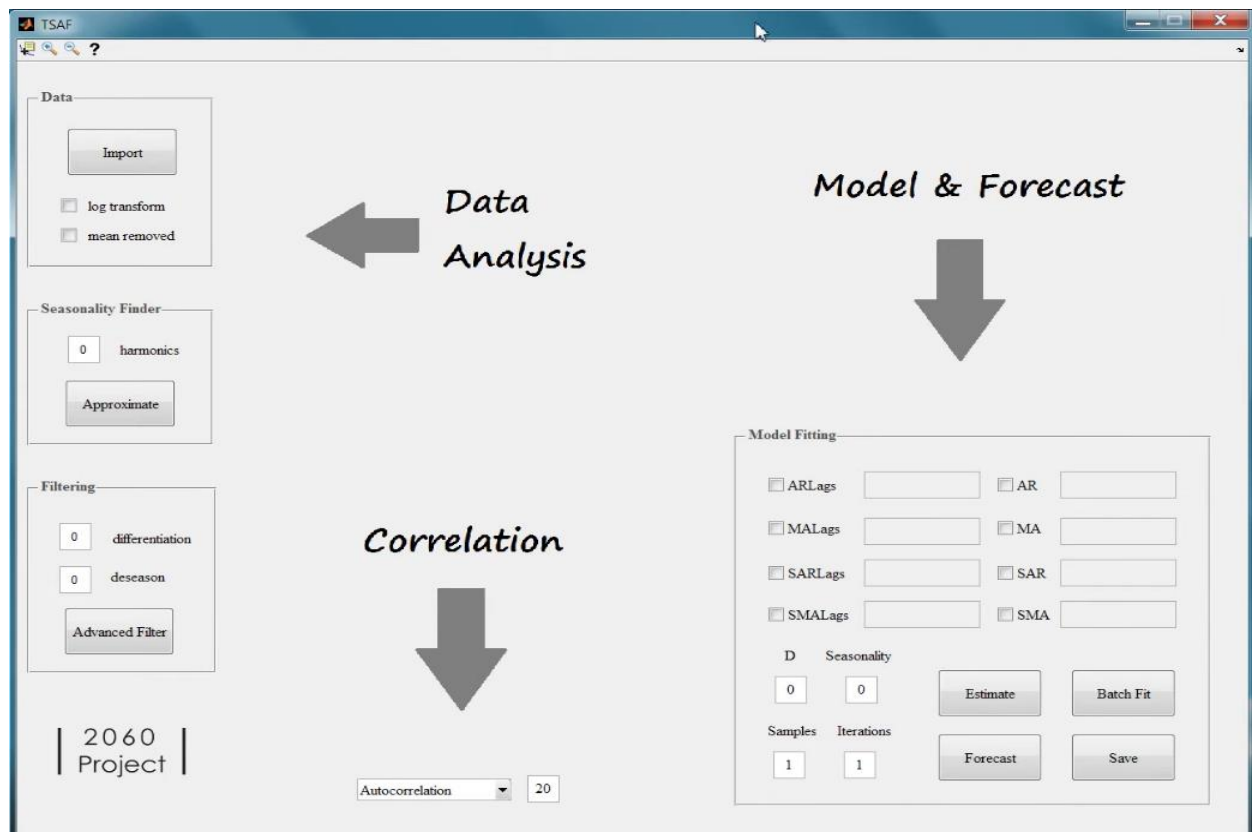
Το BIC αναπτύχθηκε από τον Gideon E. Schwarz και δημοσιεύτηκε σε μια εργασία του 1978, όπου έδωσε ένα Μπεϋζιανό επιχείρημα για την υιοθέτησή του.

Bayesian inference

Το συμπέρασμα Bayes είναι μια μέθοδος στατιστικής εξαγωγής συμπερασμάτων στην οποία το θεώρημα του Bayes χρησιμοποιείται για την ενημέρωση της πιθανότητας για μια υπόθεση καθώς υπάρχουν περισσότερα στοιχεία ή πληροφορίες. Το συμπέρασμα Bayes είναι μια σημαντική τεχνική στη στατιστική και ειδικά στη μαθηματική στατιστική. (Stoica, P.; Selen, Y. "Model-order selection: a review of information criterion rules", IEEE Signal Processing Magazine, 2004)

4.5 Ανάλυση TSAF και διαγραμμάτων

4.5.1 TSAF (AR)



Εικόνα 20: TSAF

Εικόνα 21: Data Analysis

Εδώ παρατηρείται ότι μία περιοχή είναι για την ανάλυση δεδομένων από ένα αρχείο excel. Μπορεί να βρεθεί η εποχικότητα και μετά να αφαιρεθεί η τάση και η εποχικότητα. **(Εικόνα 21)** (Iman, TSAF (Example 1), 2016)

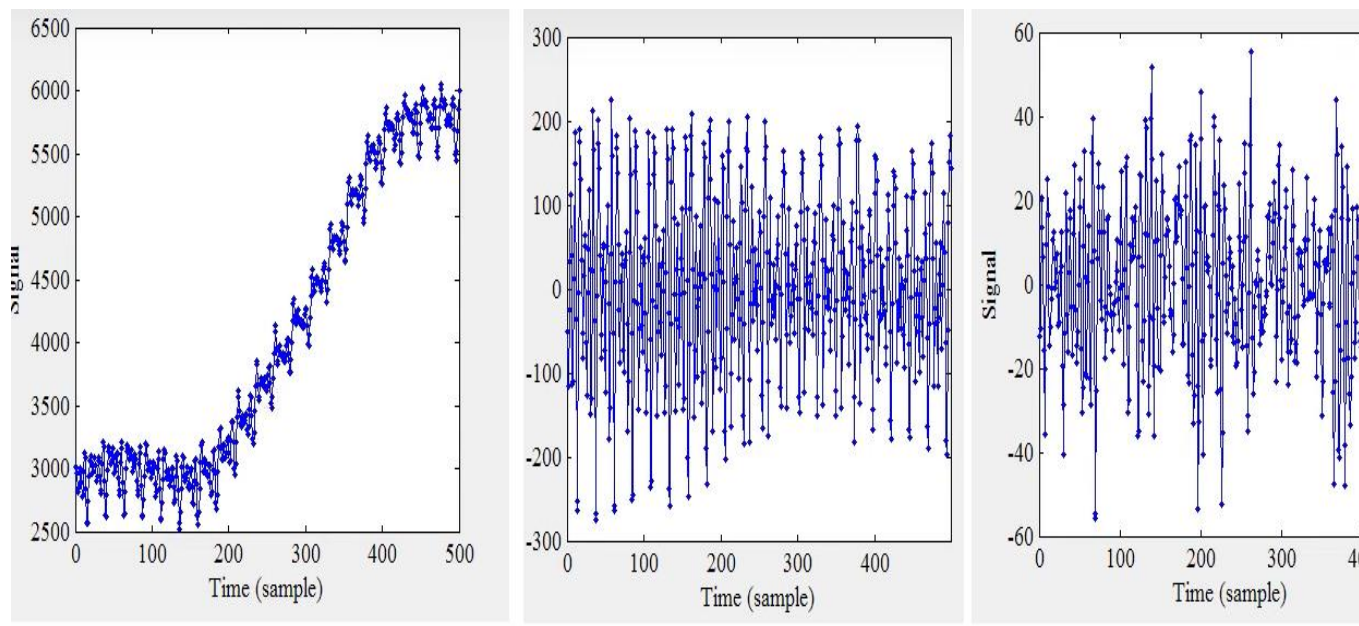
Στην άλλη περιοχή φαίνεται η συσχέτιση και η αυτοσυσχέτιση με διαφορετικές καθυστερήσεις (20) και στη τελευταία είναι η κατασκευή του μοντέλου και η πρόβλεψη του μέλλοντος. **(Εικόνα 20)**

Συνεχίζοντας, στο πρώτο γράφημα φαίνεται η τιμή στον τομέα του χρόνου. **(Διάγραμμα 4.4)**

Στο άλλο γράφημα φαίνεται η τιμή στον τομέα της συχνότητας. **(Διάγραμμα 4.5)**

Στο τρίτο γράφημα απεικονίζεται η αυτοσυσχέτιση ή μπορεί να επιλεχθεί μερική αυτοσυσχέτιση με διαφορετικές καθυστερήσεις. **(Διάγραμμα 4.6)**

Πρώτον, όπως φαίνεται υπάρχει μια τάση που είναι κάπως γραμμική, οπότε χρησιμοποιείται διαφοροποίηση (differentiation =1) στο 1. Αυτή η διαφοροποίηση είναι το στοιχείο D. Όταν αντιστοιχηθεί στο 1 με τη χρήση του enter, η τάση έχει σχεδόν εξαφανιστεί. **(Διάγραμμα 4.4)**



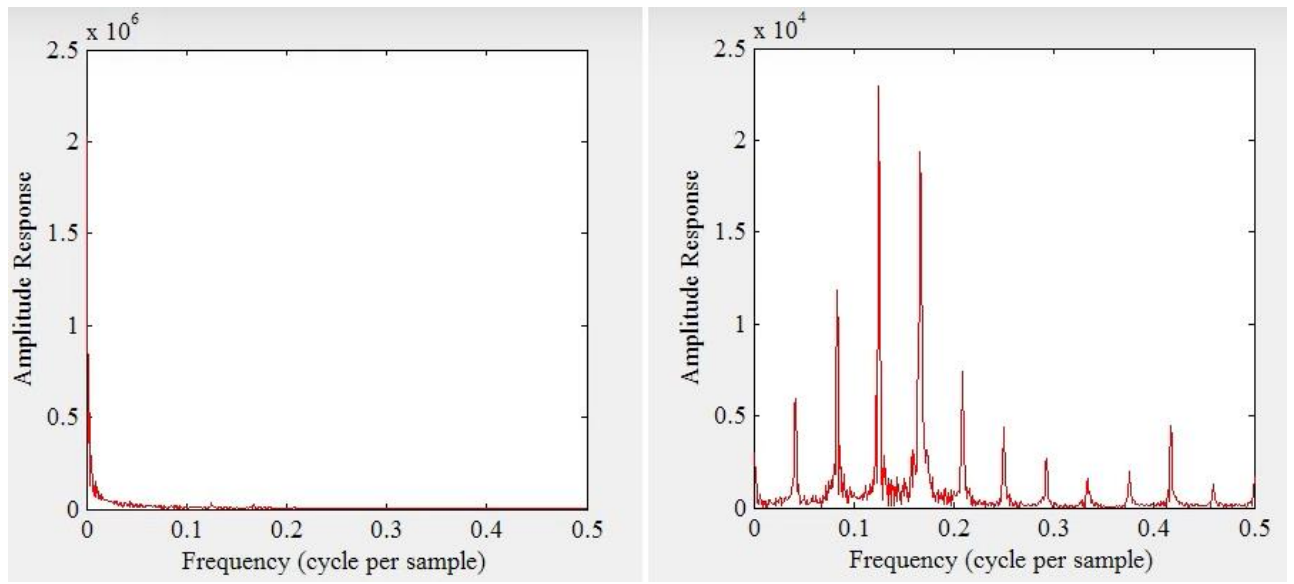
Διάγραμμα 4.4: Τιμή στον τομέα χρόνου πριν, μετά την αφαίρεση της τάσης και μετά την αφαίρεση τάσης και περιοδικότητας

Spikes: (απότομη άνοδος ή πτώση σε ένα γράφημα)

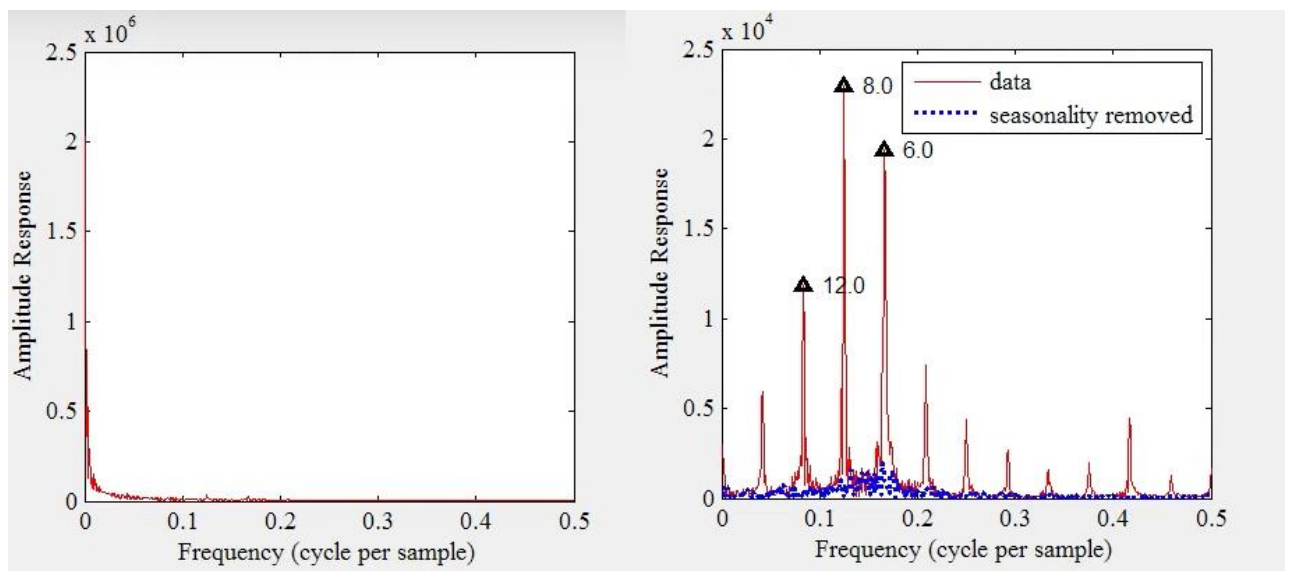
Είναι μια συγκριτικά μεγάλη ανοδική ή καθοδική κίνηση μιας τιμής σε σύντομο χρονικό διάστημα. Σκοπός τους είναι να αποκτήσουν τις απαραίτητες γνώσεις για τη μείωση του κινδύνου μιας τεχνικής προσέγγισης, την καλύτερη κατανόηση μιας απαίτησης ή την αύξηση της αξιοπιστίας μιας εκτίμησης. Σχεδιάζονται τις περισσότερες φορές ως συμπαγείς γραμμές. Για να ξέρουμε αν υπάρχουν spikes, προσδιορίζουμε τη μέση διαφορά μεταξύ των σημείων δεδομένων. Εάν τα δεδομένα μας αρχίσουν να υπερβαίνουν κάποιο πολλαπλάσιο αυτής της τιμής διαδοχικά, τότε πιθανότατα υπάρχει ένα spike.

Harmonic:

Είναι ένα κύμα με συχνότητα που είναι θετικό ακέραιο πολλαπλάσιο της *θεμελιώδους συχνότητας*, της συχνότητας του αρχικού περιοδικού σήματος, όπως ένα ημιτονοειδές κύμα. Η αρχική τιμή ονομάζεται επίσης **1η αρμονική**, οι άλλες αρμονικές είναι γνωστές ως **ανώτερες αρμονικές**. Καθώς όλες οι αρμονικές είναι περιοδικές στη θεμελιώδη συχνότητα, το άθροισμα των αρμονικών είναι επίσης περιοδικό σε αυτή τη συχνότητα. Το σύνολο των αρμονικών σχηματίζει μια *αρμονική σειρά*.



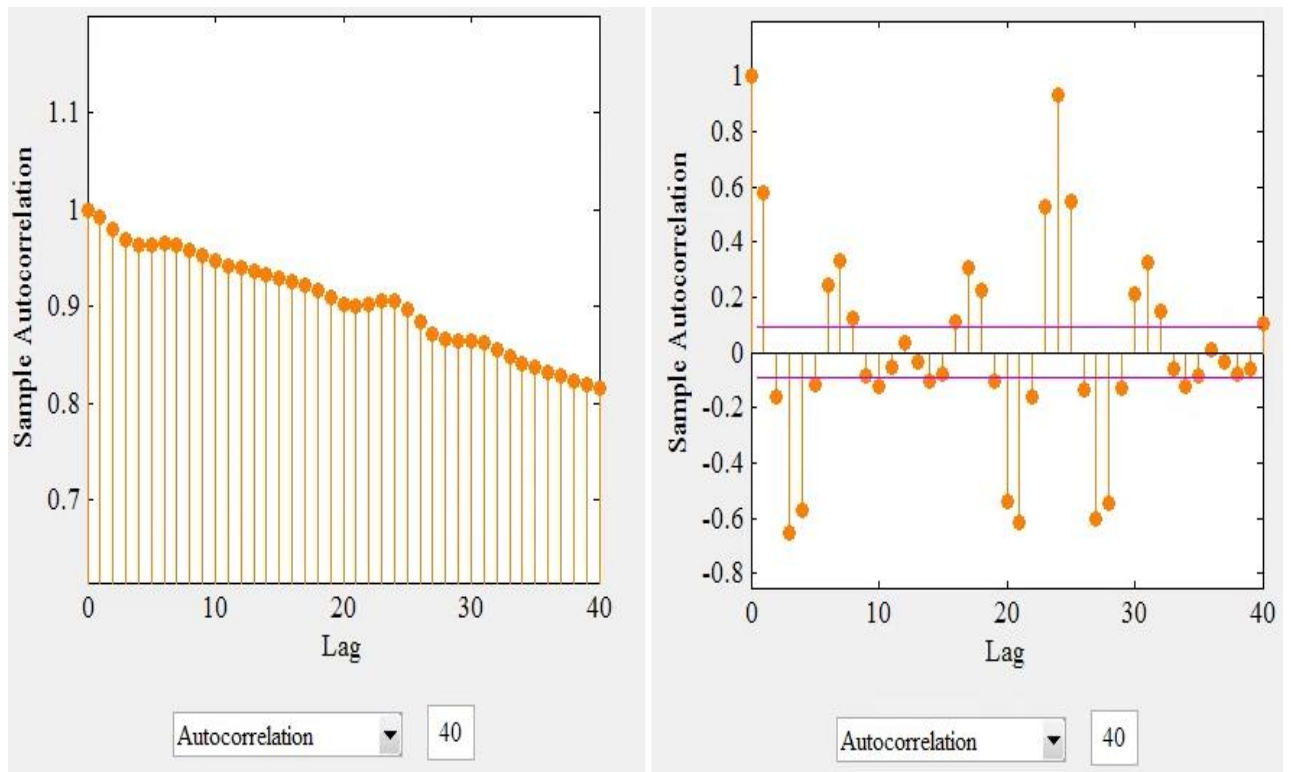
Διάγραμμα 4.5: Τιμή στον τομέα συχνότητας πριν και μετά την αφαίρεση της τάσης



Διάγραμμα 4.6: Τιμή στον τομέα συχνότητας πριν και μετά την αφαίρεση της τάσης και περιοδικότητας

Στον τομέα συχνότητας, είναι εμφανή κάποια spikes. Αυτά τα spikes αντιστοιχούν σε διαφορετικές αρμονικές. Για παράδειγμα γίνεται προσπάθεια να βρεθούν οι μεγαλύτερες αρμονικές. Το πρώτο spike αντιστοιχεί στην περίοδο 12, το άλλο στην περίοδο ίση με 8 και το τρίτο στην περίοδο ίση με 6.

Για να πραγματοποιηθεί αυτό, μεταβαίνει κάποιος στο Data Analysis στο seasonality filter και επιλέγει για παράδειγμα να βρει τα 3 μεγαλύτερα harmonics όπως στο παραπάνω διάγραμμα. **(Διάγραμμα 4.6)**

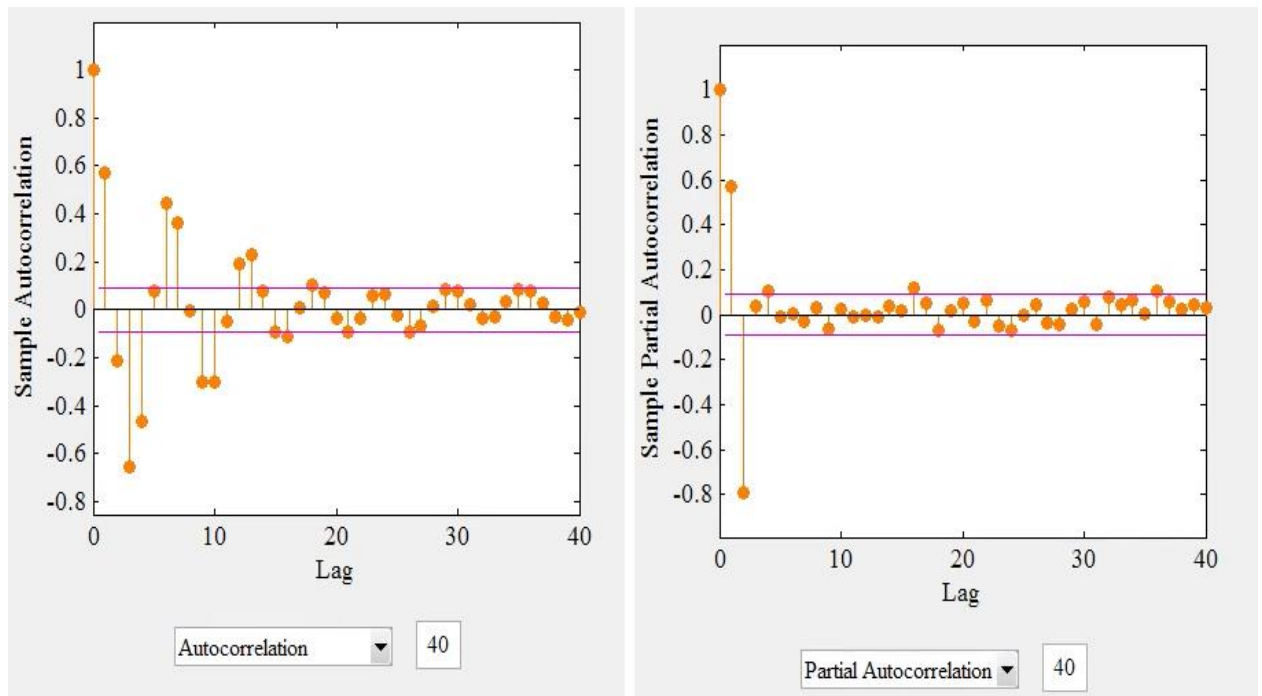


Διάγραμμα 4.7: Autocorrelation πριν και μετά την αφαίρεση τάσης (40 lags)

Αν σκοπός είναι να βρεθεί μια θεμελιώδη περίοδο για αυτή τη συνάρτηση, πρέπει να βρεθεί το ελάχιστο κοινό πολλαπλάσιο μεταξύ αυτών των τριών αριθμών. Το ελάχιστο κοινό πολλαπλάσιο είναι 24, οπότε η εποχικότητα είναι περίπου κάθε 24 δείγματα.

Για να αφαιρεθεί η εποχικότητα, πρέπει απλά να πληκτρολογηθεί το νούμερο 24 στο 'deseason'. **(Εικόνα 4.8)**. Το 'deseason' είναι στην πραγματικότητα το στοιχείο S.

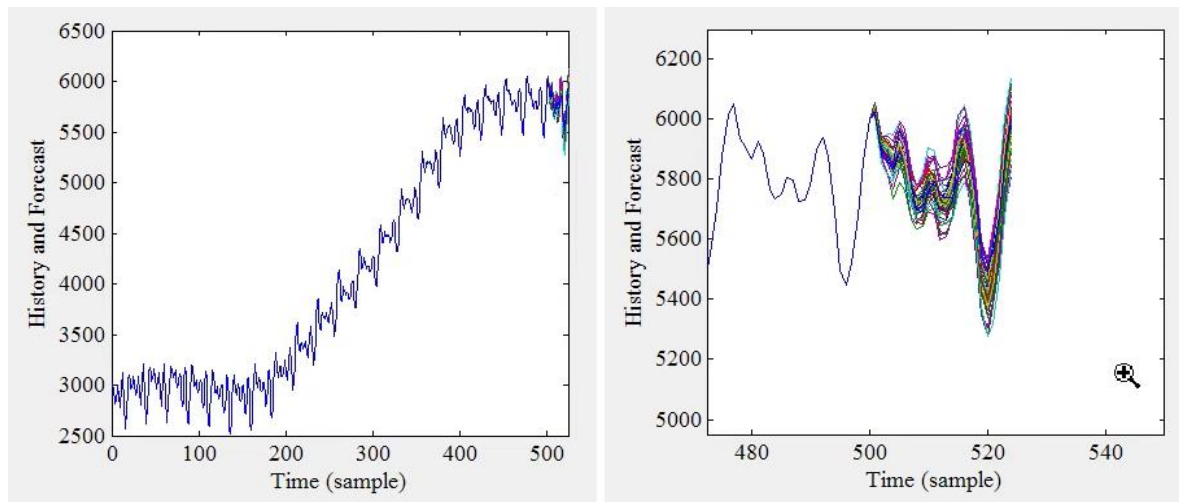
Αφού αφαιρεθεί η τάση και η εποχικότητα, μπορεί να δει κανείς την αυτοσυσχέτιση να σβήνει σταδιακά, αλλά τη μερική αυτοσυσχέτιση να διακόπτεται ακριβώς μετά από 2 καθυστερήσεις (2 lags). Από αυτό, συμπεραίνεται ότι το μοντέλο είναι ένα autoregressive μοντέλο με τη σειρά του 2, δηλαδή AR(2). **(Διάγραμμα 4.8)**



Διάγραμμα 4.8: Autocorrelation και Partial Autocorrelation πριν και μετά την αφαίρεση τάσης και περιοδικότητας (40 lags)

Με αυτόν το τρόπο τελειώνει η ανάλυση χρόνου. Πλέον είναι γνωστό το μοντέλο, είναι γνωστό ότι υπάρχουν 2 καθυστερήσεις για το τμήμα AR και τέλος είναι γνωστό ότι η διαφοροποίηση (D) είναι 1 και ότι η εποχικότητα είναι 24. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα να οικοδομηθεί το μοντέλο τώρα επιλέγοντας την εντολή 'estimate'. **(Εικόνα 21)**. Τώρα μπορώ να προβλεφθεί το μέλλον. Επιλέγονται πόσα δείγματα χρειάζονται (για παράδειγμα 24) και πόσες φορές επιθυμείται να επαναληφθούν (για παράδειγμα 50). Η είσοδος (input) είναι τυχαία, οπότε πρέπει να επαναληφθεί αρκετές φορές για να παρθούν διαφορετικές 'διαδρομές'. Έπειτα, καταλήγει κανείς στο να προβλέψει το μέλλον επιλέγοντας την εντολή forecast. **(Εικόνα 22)**

Εικόνα 22: Model fitting



Διάγραμμα 4.9: Τα μπλε παρουσιάζουν τα ιστορικά δεδομένα ενώ στο διπλανό διάγραμμα φαίνεται η πρόβλεψη για το μέλλον

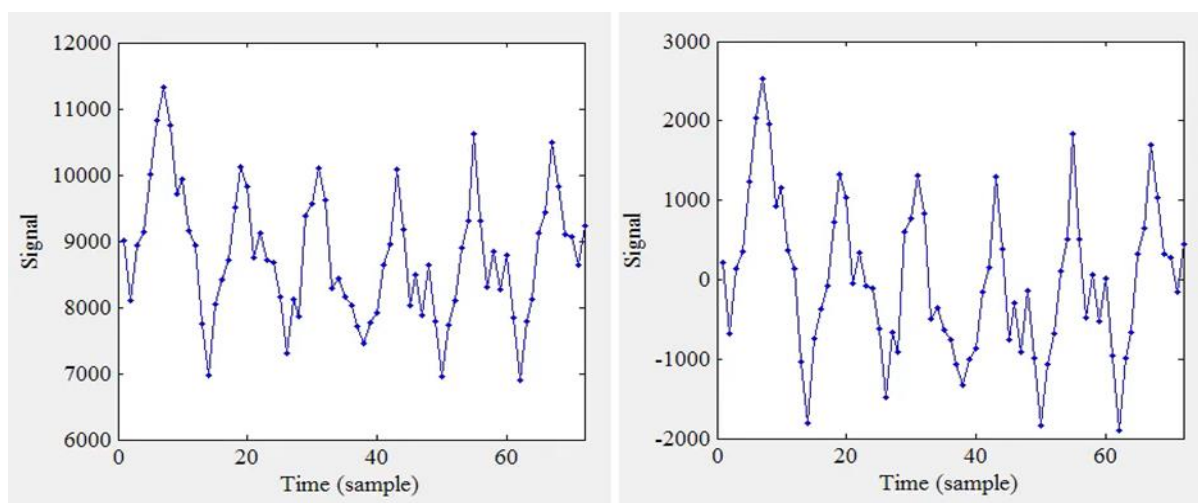
Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα να αποθηκευτεί αυτή η πρόβλεψη σε excel file και να χρησιμοποιηθεί όποτε επιθυμεί ο χρήστης. Για την αποθήκευση απλά χρειάζεται να επιλεγεί η εντολή 'Save'. (Εικόνα 24)

4.5.2 TSAF (MA)

Υπάρχει και άλλος τρόπος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί το TSAF.

Όπως πριν, αρχικά επιλέγεται το 'import' για την εισαγωγή των δεδομένων διαλέγοντας ένα excel file. Μετά την εισαγωγή δεδομένων, υπάρχει η δυνατότητα να αναλυθούν οι χρονοσειρές για να δημιουργηθεί το μοντέλο ή να προβλεφθούν οι μελλοντικές τιμές. (Iman, TSAF (Example 2), 2016)

Αρχικά, όπως φαίνεται στο **Διάγραμμα 4.10** υπάρχει ένα είδος περιοδικής συνιστώσας.



Διάγραμμα 4.10: Τιμή στον τομέα του χρόνου πριν και μετά την αφαίρεση του μέσου όρου

Data

Import

☐ log transform

☒ mean removed

Seasonality Finder

1 harmonics

Approximate

Filtering

1| differentiation

12 deseason

Advanced Filter

Εικόνα 23: Import data, remove mean, choose harmonics and filtering (remove trend seasonality)

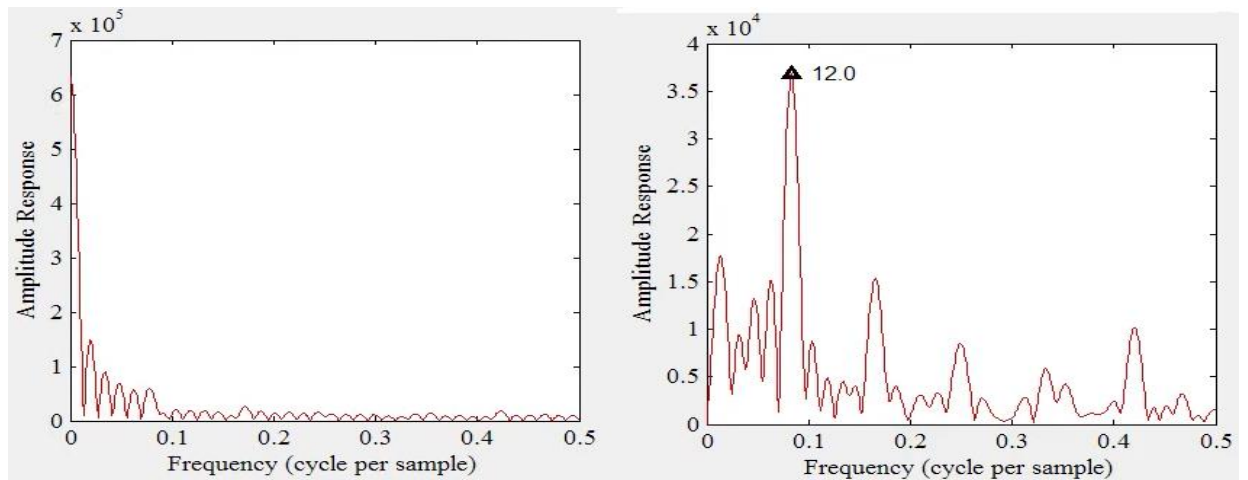
Υπάρχει ένα είδος περιοδικής συνιστώσας εδώ, αλλά το πρόβλημα είναι ότι ο μέσος όρος στο πεδίο συχνοτήτων είναι πολύ μεγάλος ή κυρίαρχος. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο δεν είναι εύκολο να παρατηρηθούν οι αρμονικές με ευκολία στο γράφημα. **(Διάγραμμα 4.11)**

Οπότε για να απαλλαχθεί κάποιος από αυτό το μεγάλο spike, πρέπει να αφαιρέσει τον μέσο όρο. Ο μέσος όρος μπορεί να αφαιρεθεί επιλέγοντας το mean removed. Μετά την αφαίρεση του μέσου όρου, υπάρχει ένα προφανές spike που αντιστοιχεί σε μια αρμονική. Στη συνέχεια, αυτό που πρέπει να γίνει είναι να μεταφερθεί ο χρήστης στον ανιχνευτή εποχικότητας και να επιλέξει το νούμερο 1 στο harmonic. **(Εικόνα 23)** Το spike αντιστοιχεί σε ένα σήμα ή ημιτονοειδές σήμα με την περίοδο 12. Έτσι, το συμπέρασμα είναι ότι η εποχικότητα σε αυτή την περίπτωση είναι 12. **(Διάγραμμα 4.11)**

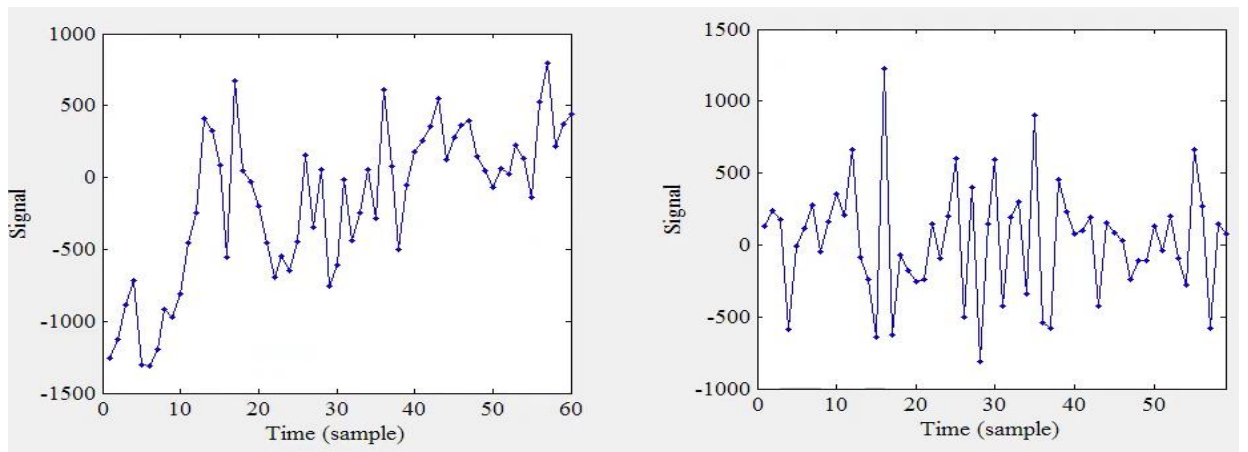
Συνεχίζοντας, η εποχικότητα αφαιρείται γράφοντας 12 στο deseason. (είναι το στοιχείο S). **(Εικόνα 24)**

Μετά την αφαίρεση της εποχικότητας φαίνεται ότι υπάρχει μια κάπως γραμμική τάση. **(Διάγραμμα 4.12)**

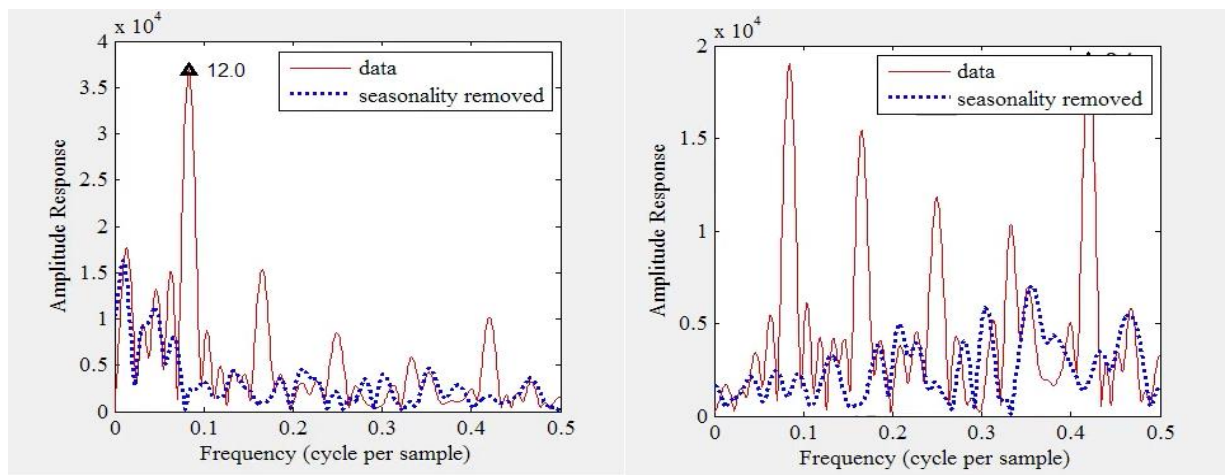
Οπότε πρέπει να αφαιρεθεί η τάση επιλέγοντας τον αριθμό 1 στο differentiation που είναι το στοιχείο D. (επειδή η τάση είναι γραμμική, $D=1$). **(Εικόνα 24)**



Διάγραμμα 4.11: Τιμή στον τομέα της συχνότητας πριν και μετά την αφαίρεση μέσου όρου και επιλογή harmonic.



Διάγραμμα 4.12: Τιμή στον τομέα του χρόνου μετά την αφαίρεση της περιοδικότητας και μετά την αφαίρεση περιοδικότητας και τάσης

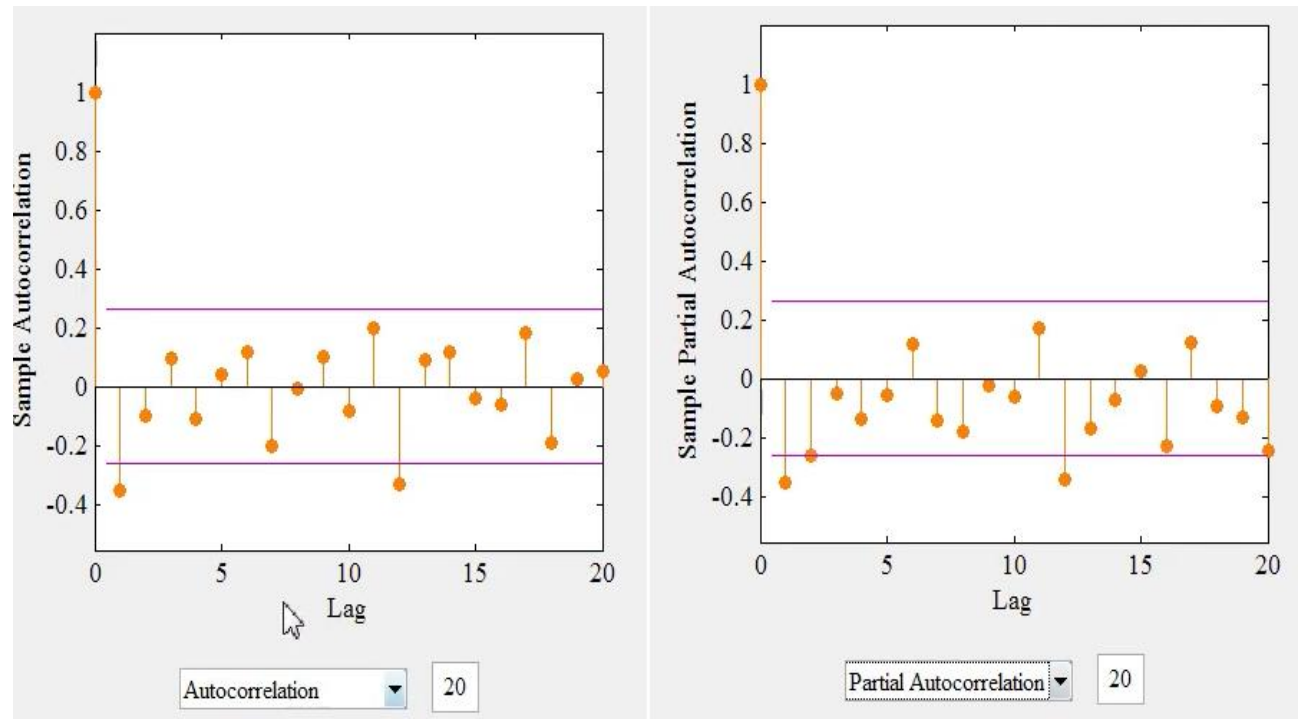


Διάγραμμα 4.13: Τιμή στον τομέα της συχνότητας μετά την αφαίρεση της περιοδικότητας και μετά την αφαίρεση περιοδικότητας και τάσης

Μετά την αφαίρεση της τάσης, αν εξεταστεί η αυτοσυσχέτιση, υπάρχουν δύο σημαντικά στοιχεία (Lag 1 και lags 12).

Γίνεται αλλαγή στο γράφημα για να φανεί η μερική αυτοσυσχέτιση. Όπως απεικονίζεται, η μερική αυτοσυσχέτιση διακόπτεται σταδιακά ενώ η αυτοσυσχέτιση διακόπτεται μετά από q lags.

Υπάρχει σημαντικός συντελεστή στο 1 και άλλος ένα στο 12. Αυτό σημαίνει ότι η τυχαία διακύμανση παρέμεινε αφού αφαιρέθηκε τόσο η εποχικότητα όσο και η τάση, οπότε αυτό είναι ένα σύστημα MA. **(Διάγραμμα 4.14)**



Διάγραμμα 4.14: Autocorrelation and partial autocorrelation ύστερα από αφαίρεση τάσης και περιοδικότητας

Συγκεκριμένα υπάρχουν δύο καθυστερήσεις, μία στο 1 και μία στο 12. Οπότε, MALags: 1 12.

Είναι επίσης γνωστό ότι $D=1$ και ότι η περιοδικότητα είναι 12.

Γνωρίζοντας αυτά, μπορεί να οικοδομηθεί το μοντέλο επιλέγοντας την εντολή 'estimate'. Σε αυτό το σημείο το μοντέλο χτίζεται και μπορούν να προβλεφθούν οι μελλοντικές τιμές. Για παράδειγμα επιλέγονται 24 δείγματα (samples) και 50 επαναλήψεις (iterations). Πατώντας τη λέξη 'forecast' φαίνεται το γράφημα που απεικονίζει το μέλλον. **(Εικόνα 25, Διάγραμμα 4.15)**

Η μπλε γραμμή απεικονίζει τα ιστορικά δεδομένα και το υπόλοιπο γράφημα δείχνει το μέλλον. **(Διάγραμμα 4.15)**

Η πρόβλεψη και το μοντέλο αποθηκεύονται χρησιμοποιώντας την εντολή 'save'. **(Εικόνα 24)**

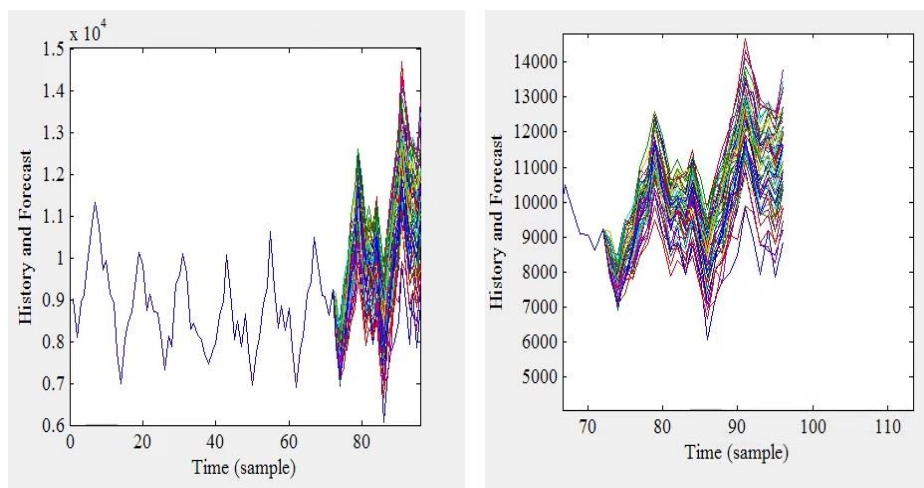
Model Fitting

<input type="checkbox"/> ARLags	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> AR	<input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/> MALags	<input type="text" value="1 12"/>	<input type="checkbox"/> MA	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> SARLags	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> SAR	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> SMALags	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> SMA	<input type="text"/>

D **Seasonality**

Samples **Iterations**

Εικόνα 24: Model Fitting



Διάγραμμα 4.15: Τιμή στον τομέα του χρόνου. Τα μπλε παρουσιάζουν τα ιστορικά δεδομένα ενώ στο διπλανό διάγραμμα φαίνεται η πρόβλεψη για το μέλλον

4.6 Διαγράμματα μετάλλων, διοξειδίου του άνθρακα και χρήση των δύο μοντέλων πρόβλεψης

Αφού αναλύθηκε το TSAF, η κατανόηση των διαγραμμάτων των μετάλλων για τα οποία έπρεπε να βρεθούν οι μελλοντικές τιμές και να συγκριθούν με τις κανονικές, θα είναι πιο εύκολη. Συνεχίζοντας, θα παρουσιαστούν οι πραγματικές τιμές και οι τιμές από τα μοντέλα πρόβλεψης που βρέθηκαν με τη βοήθεια του TSAF.

(Iman, Time Series Analysis and Forecast , 2016)

(Iman, Trend and Seasonality, 2016)

(Iman, ARMA, 2016)

4.6.1 Ανάλυση excel

Έχουν τοποθετηθεί συγκεκριμένα samples (ανάλογα με τα Lags) ενώ οι iterations (επαναλήψεις) είναι 50 για όλα τα μέταλλα.

Μετά την αποθήκευση των μοντέλων και των προβλέψεων σε μορφή excel, οι τιμές προστίθενται κάτω από τις τιμές του παρελθόντος. Η κάθε γραμμή παρουσιάζει τις επαναλήψεις και η κάθε στήλη παρουσιάζει τα δείγματα.

Στην συνέχεια υπολογίζεται ο μέσος όρος των τιμών των γραμμών, έπειτα αφαιρείται από την πραγματική τιμή του κάθε μετάλλου και μετά καταλήγει στον μέσο όρο των αφαιρέσεων.

Εν τέλει, χρησιμοποιώντας το excel βρίσκεται το correlation, η συσχέτιση δηλαδή, μεταξύ των μέσων όρων των μετάλλων και των πραγματικών τιμών και οι τιμές αυτές παρουσιάζονται σε ένα γράφημα.

Ανάλογα με τη τιμή της συσχέτισης μεταξύ του μέσου όρου των τιμών και των πραγματικών τιμών που έχουν δοθεί βγαίνει και το συμπέρασμα καταλληλότητας του μοντέλου πρόβλεψης που έχει χρησιμοποιηθεί. Η παρουσίαση όλων των τιμών συσχέτισης φαίνεται στις εικόνες στο κεφάλαιο 4.7 για κάθε μέταλλο καθώς και για το διοξείδιο του άνθρακα και θα παρουσιαστούν στο κεφάλαιο 4.8.

Επίσης το excel προσφέρει μια επιλογή που λέγεται 'Ανάλυση Δεδομένων'. Επιλέγοντας τους μέσους όρους από τα μελλοντικές τιμές και επιλέγοντας την Ανάλυση Δεδομένων απεικονίζεται ένα πινακάκι με διάφορους όρους, οι οποίοι στην ουσία δεν χρησιμεύουν στην εργασία αλλά γίνεται για να βρεθούν οι βαθμοί εμπιστοσύνης 95% και 5%.

Προσθέτοντας ή αφαιρώντας στον μέσο όρο των μελλοντικών τιμών το βαθμό εμπιστοσύνης, μπορεί να βρεθεί το υψηλότερο και το χαμηλότερο σημείο αντίστοιχα.

Μέσος
Τυπικό σφάλμα
Διάμεσος
Επικρατούσα τιμή
Μέση απόκλιση τετραγώνου
Διακύμανση
Κύρτωση
Ασυμμετρία
Εύρος
Ελάχιστο
Μέγιστο
Άθροισμα
Πλήθος
Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%) ή (5%)

Πίνακας 4.2: Όροι που παρουσιάζονται από την ανάλυση δεδομένων του excel

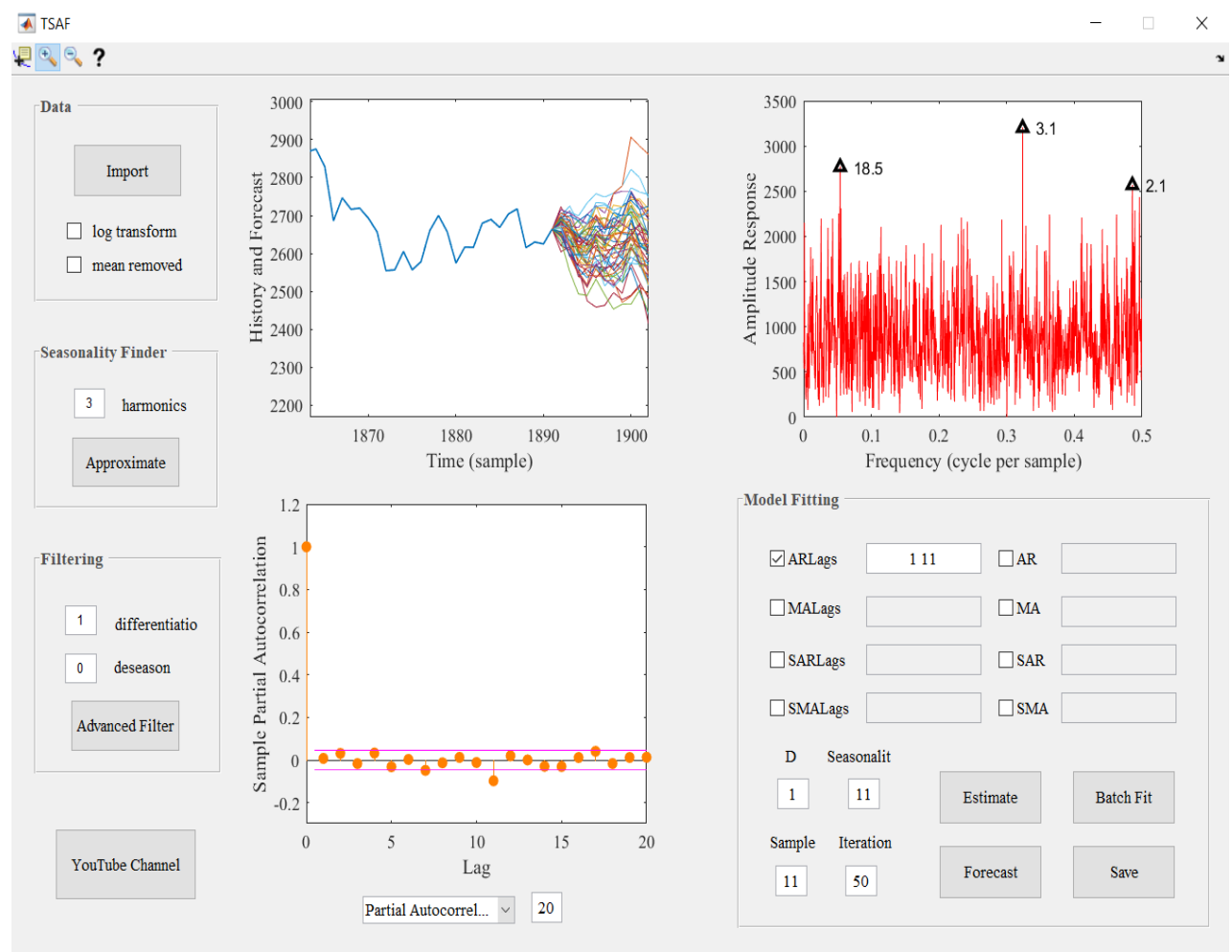
4.7 Παρουσίαση διαγραμμάτων και ανάλυση TSAF για κάθε μέταλλο

Επειδή σε μερικά μέταλλα τα spikes αντιστοιχούσαν σε περιόδους των οποίων το ελάχιστο κοινό πολλαπλάσιο ήταν πολύ μεγάλο, οπότε και η εποχικότητα θα ήταν κάθε πάρα πολλά δείγματα, θεωρήθηκε καλύτερο να μην αφαιρεθεί. Για περιοδικότητα μπορεί να ανατρέξει κάποιος στο autocorrelation / partial autocorrelation γράφημα. (Οι πίνακες έχουν τοποθετηθεί στο παράρτημα Β)

4.7.1 Αλουμίνιο (Al)

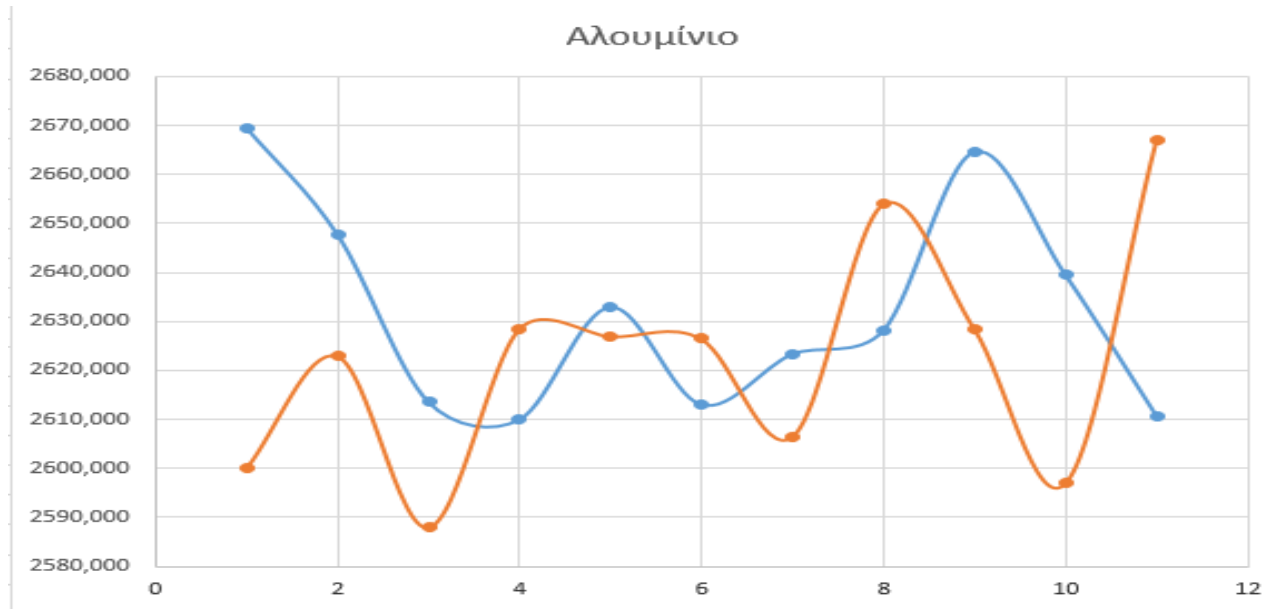
Οι μελλοντικές τιμές ανεβαίνουν (upload) από το TSAF στο excel. Οι επαναλήψεις είναι 50. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι το AR, $D=1$ και η περιοδικότητα είναι 11.

Παρατηρούνται τα spikes τα οποία αντιστοιχούν στις μεγαλύτερες αρμονικές και αντιστοιχούν στις περιόδους 18.5, 3.1 και 2.1.



Εικόνα 25: Ανάλυση TSAF για το αλουμίνιο. (AR)

Αφού βρεθεί ο μέσος όρος των τιμών, αυτές αφαιρούνται από τα πραγματικά δεδομένα και βρίσκεται ο μέσος όρος των αφαιρέσεων. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τη δυνατότητα που δίνει το excel, υπολογίζεται η συσχέτιση μεταξύ των μελλοντικών και των πραγματικών τιμών. Το '2/12/2021' είναι η ημερομηνία ενώ οι αριθμοί από το 1 έως το 11 είναι τα lags. (Πίνακας 4.3)

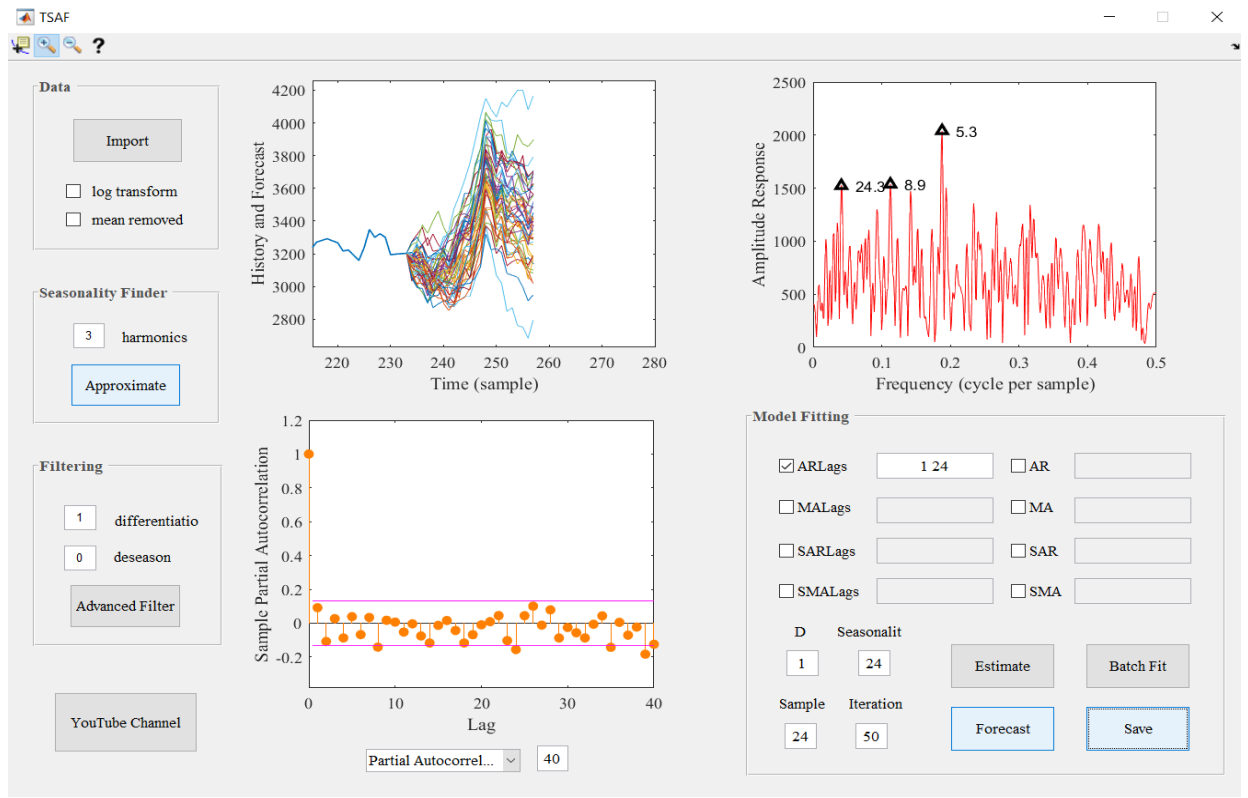


Διάγραμμα 4.16: Για αλουμίνιο. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-11 είναι τα lags.

4.7.2 Ψευδάργυρος (Zn)

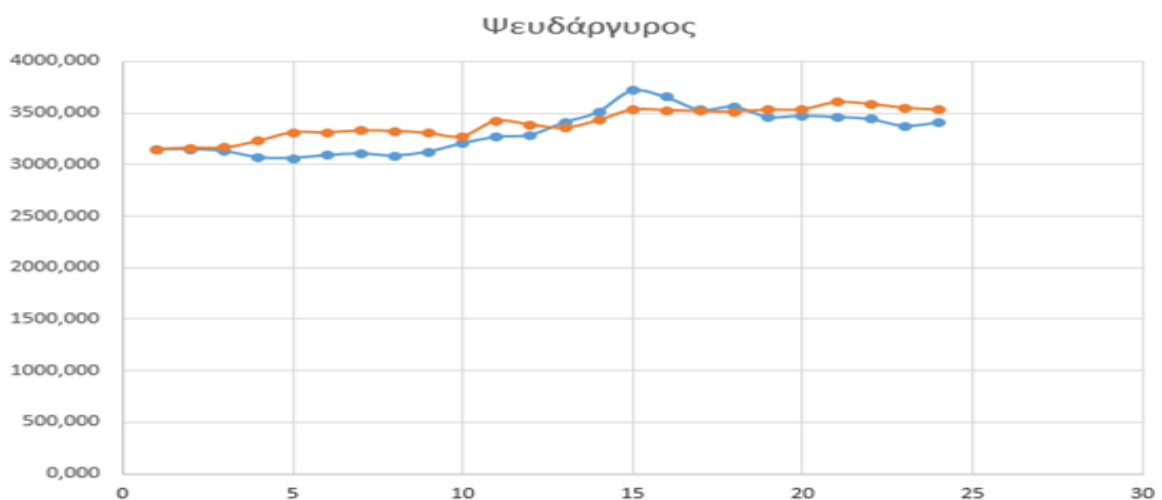
Οι μελλοντικές τιμές ανεβαίνουν από το TSAF στο excel. Οι επαναλήψεις είναι 50. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι το AR, $D=1$ και η περιοδικότητα είναι 24.

Παρατηρούνται τα spikes τα οποία αντιστοιχούν στις μεγαλύτερες αρμονικές και αντιστοιχούν στις περιόδους 24.3, 8.9 και 5.3.



Εικόνα 26: Ανάλυση TSAF για τον ψευδάργυρο. (AR)

Αφού βρίσκεται ο μέσος όρος των τιμών, αυτές αφαιρούνται από τα πραγματικά δεδομένα και υπολογίζεται ο μέσος όρος των αφαιρέσεων. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τη δυνατότητα που δίνει το excel, βρίσκεται η συσχέτιση μεταξύ των μελλοντικών και των πραγματικών τιμών. Το '12/2/2022' είναι η ημερομηνία ενώ οι αριθμοί από το 1 έως το 24 είναι τα lags. (Πίνακας 4.4)

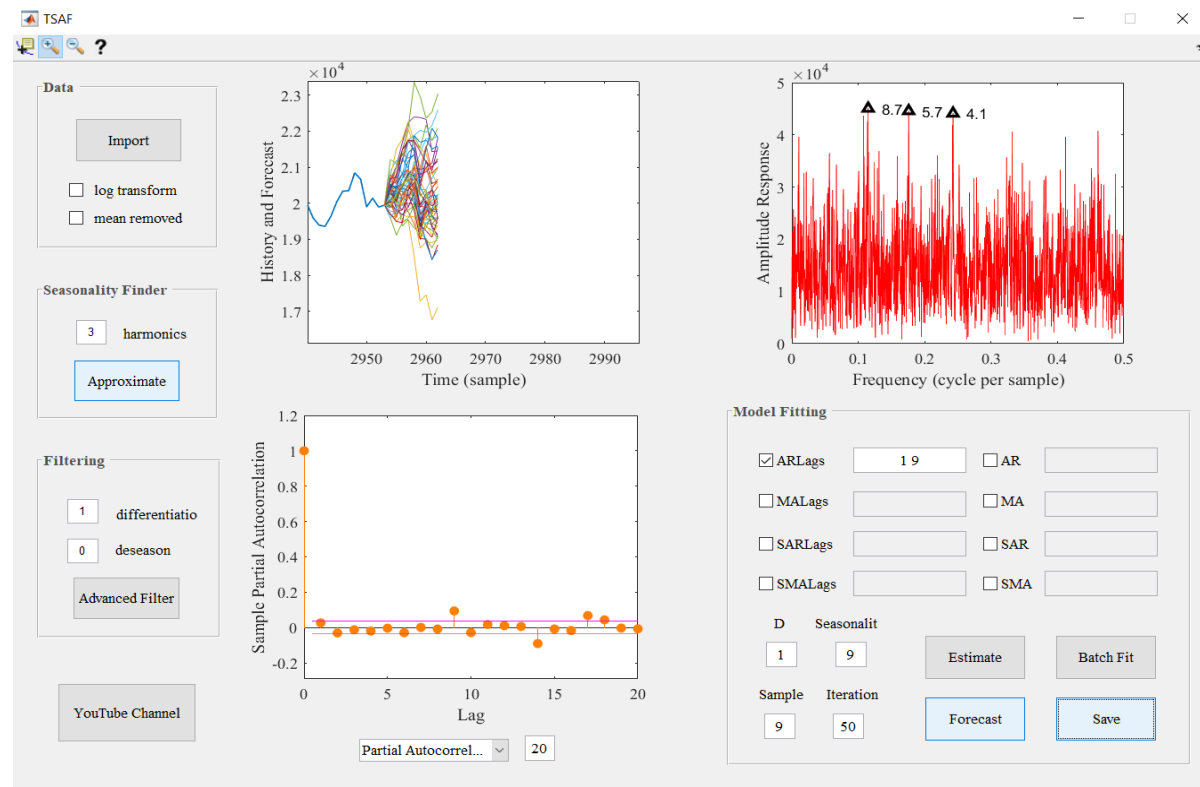


Διάγραμμα 4.17: Για ψευδάργυρο. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-24 είναι τα lags.

4.7.3 (A) Νικέλιο (Ni)

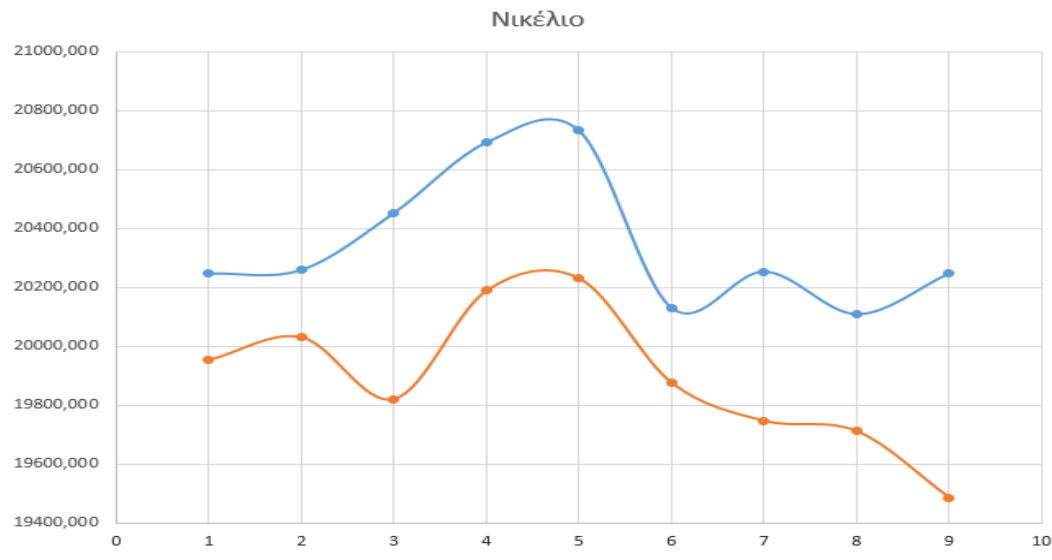
Οι μελλοντικές τιμές ανεβαίνουν από το TSAF στο excel. Οι επαναλήψεις είναι 50. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι το AR, $D=1$ και η περιοδικότητα είναι 9.

Παρατηρούνται τα spikes τα οποία αντιστοιχούν στις μεγαλύτερες αρμονικές και αντιστοιχούν στις περιόδους 8.7, 5.7 και 4.1.



Εικόνα 27: TSAF για το νικέλιο. (AR)

Αφού βρεθεί ο μέσος όρος των τιμών, αφαιρούνται από τα πραγματικά δεδομένα και υπολογίζεται ο μέσος όρος των αφαιρέσεων. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τη δυνατότητα που δίνει το excel, βρίσκεται η συσχέτιση μεταξύ των μελλοντικών και των πραγματικών τιμών. Το '2/12/2021' είναι η ημερομηνία ενώ οι αριθμοί από το 1 έως το 9 είναι τα lags. (Πίνακας 4.5)



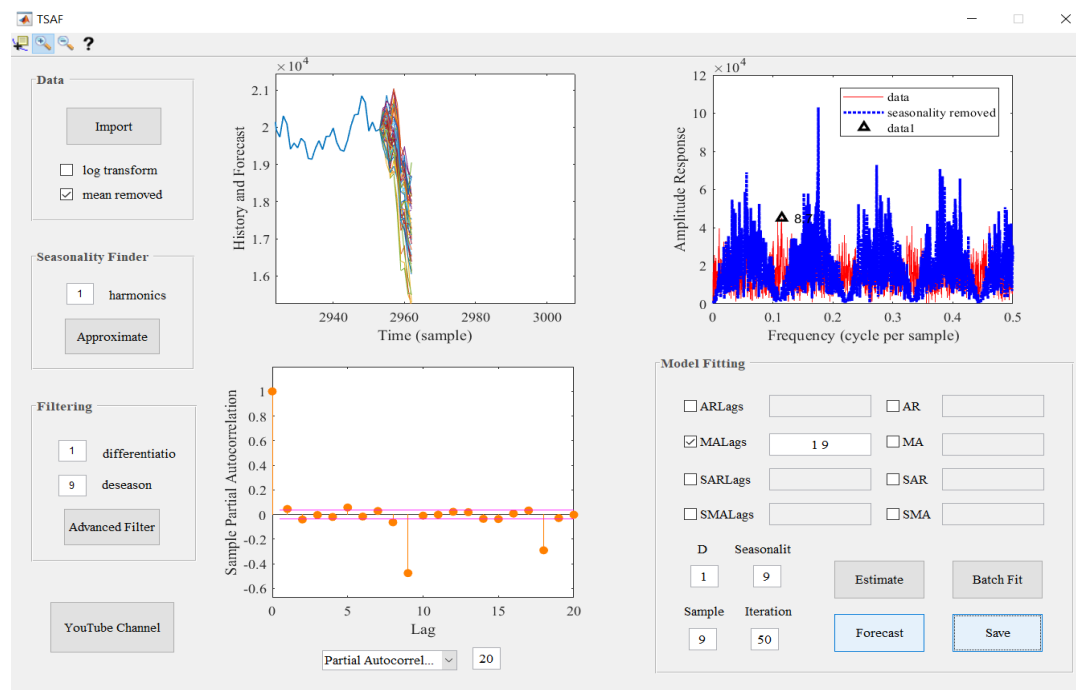
Διάγραμμα 4.18: Για νικέλιο. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-9 είναι τα lags. (AR)

4.7.3 (B) Νικέλιο (Ni)

Οι μελλοντικές τιμές ανεβαίνουν από το TSAF στο excel. Οι επαναλήψεις είναι 50. Το μοντέλο που χρησιμοποιώ είναι το MA. , D=1 και η περιοδικότητα είναι 9.

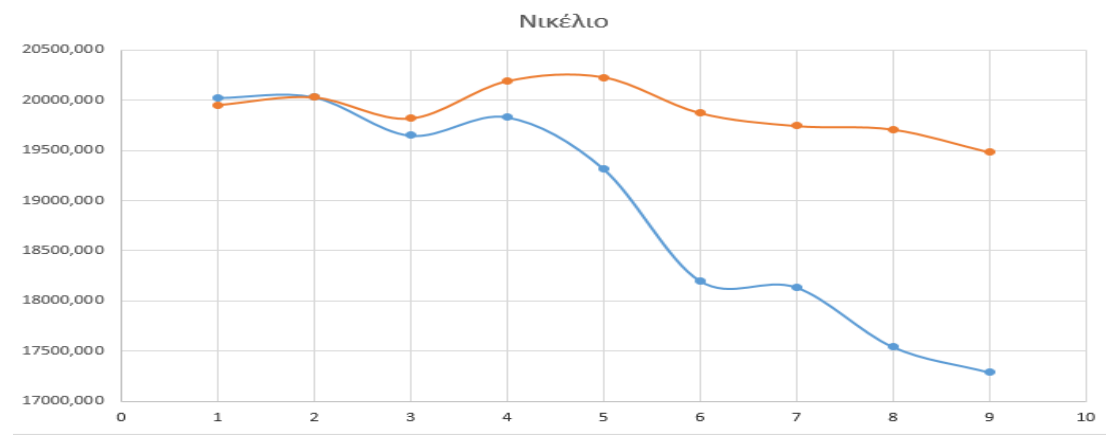
Παρατηρούνται τα spikes τα οποία αντιστοιχούν στην μεγαλύτερη αρμονική και αντιστοιχεί στην περίοδο 8.7.

Πραγματοποιήθηκε αφαίρεση περιοδικότητας (Deseason) και mean removal.



Εικόνα 28: Ανάλυση TSAF για το νικέλιο. (MA)

Αφού βρεθεί ο μέσος όρος των τιμών, αφαιρούνται από τα πραγματικά δεδομένα και υπολογίζεται ο μέσος όρος των αφαιρέσεων. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τη δυνατότητα που δίνει το excel, βρίσκεται η συσχέτιση μεταξύ των μελλοντικών και των πραγματικών τιμών. Οι αριθμοί από το 1 έως το 9 είναι τα lags. **(Πίνακας 4.6)**

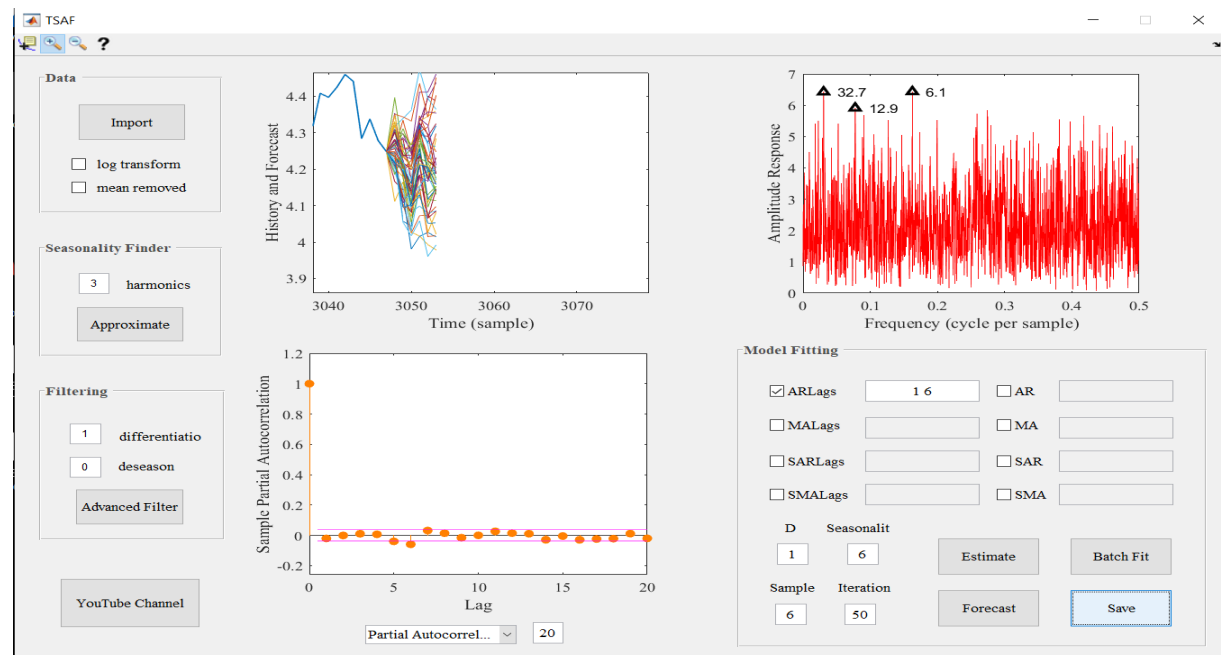


Διάγραμμα 4.19: Για νικέλιο. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-9 είναι τα lags. (MA)

4.7.4 (A) Χαλκός (Cu)

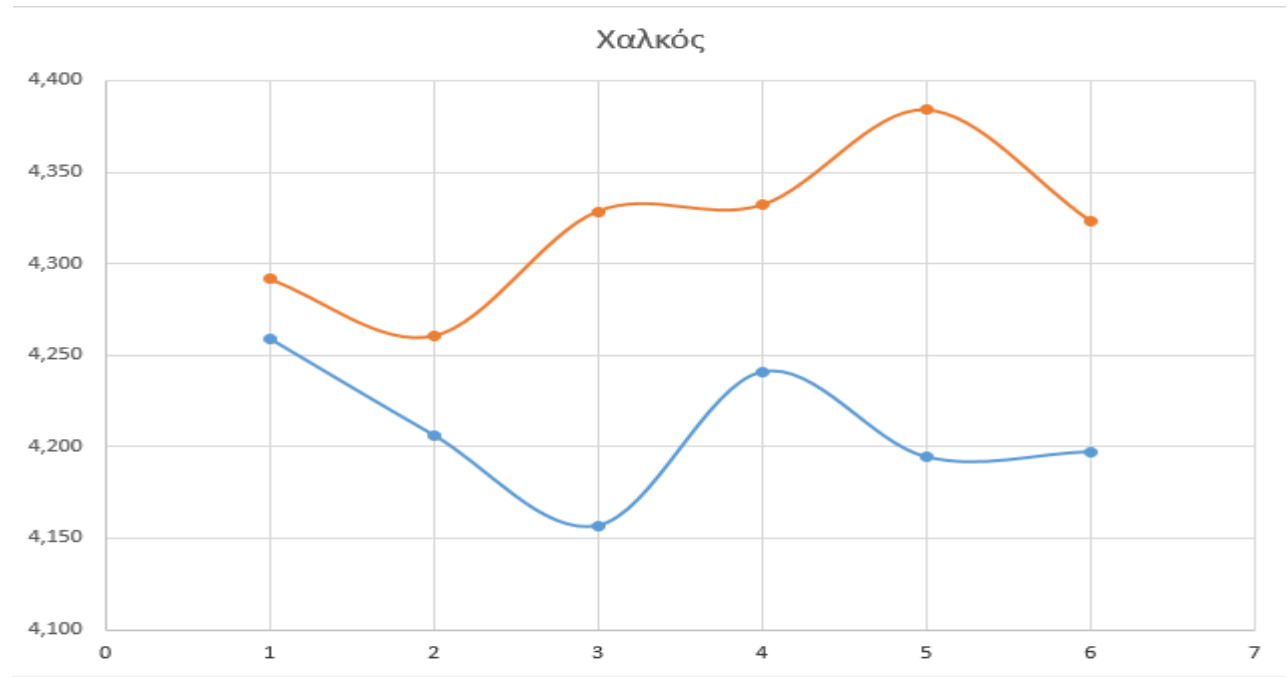
Οι μελλοντικές τιμές ανεβαίνουν από το TSAF στο excel. Οι επαναλήψεις είναι 50. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι το MA. , D=1 και η περιοδικότητα είναι 6.

Παρατηρούνται τα spikes τα οποία αντιστοιχούν στις μεγαλύτερες αρμονικές και αντιστοιχούν στις περιόδους 32.7, 12.9 και 6.1



Εικόνα 29: Ανάλυση TSAF για τον χαλκό. (AR)

Αφού βρεθεί ο μέσος όρος των τιμών, αφαιρούνται από τα πραγματικά δεδομένα και υπολογίζεται ο μέσος όρος των αφαιρέσεων. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τη δυνατότητα που δίνει το excel, βρίσκεται η συσχέτιση μεταξύ των μελλοντικών και των πραγματικών τιμών. Το '2/12/2021' είναι η ημερομηνία ενώ οι αριθμοί από το 1 έως το 6 είναι τα lags. (Πίνακας 4.7)



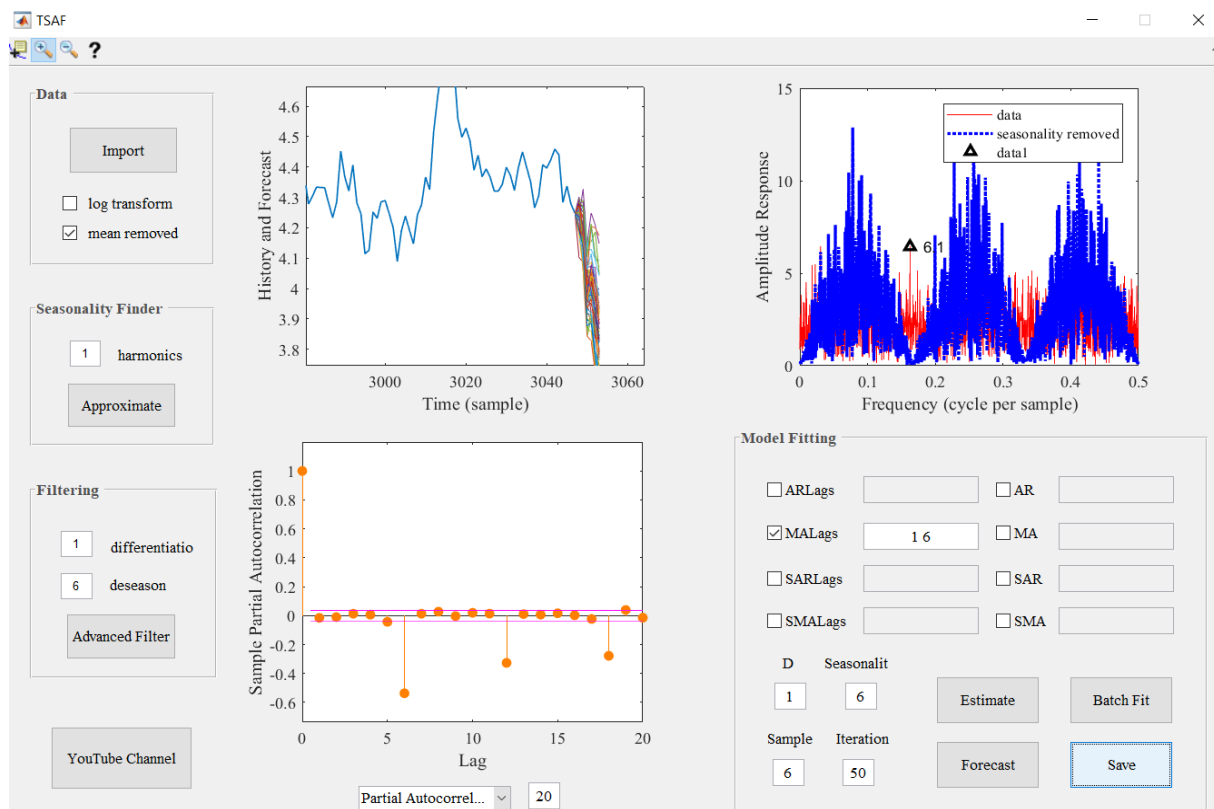
Διάγραμμα 4.20: Για χαλκό. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-6 είναι τα lags. (AR)

4.7.4 (B) Χαλκός (Cu)

Οι μελλοντικές τιμές ανεβαίνουν από το TSAF στο excel. Οι επαναλήψεις είναι 50. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι το MA. , D=1 και η περιοδικότητα είναι 6.

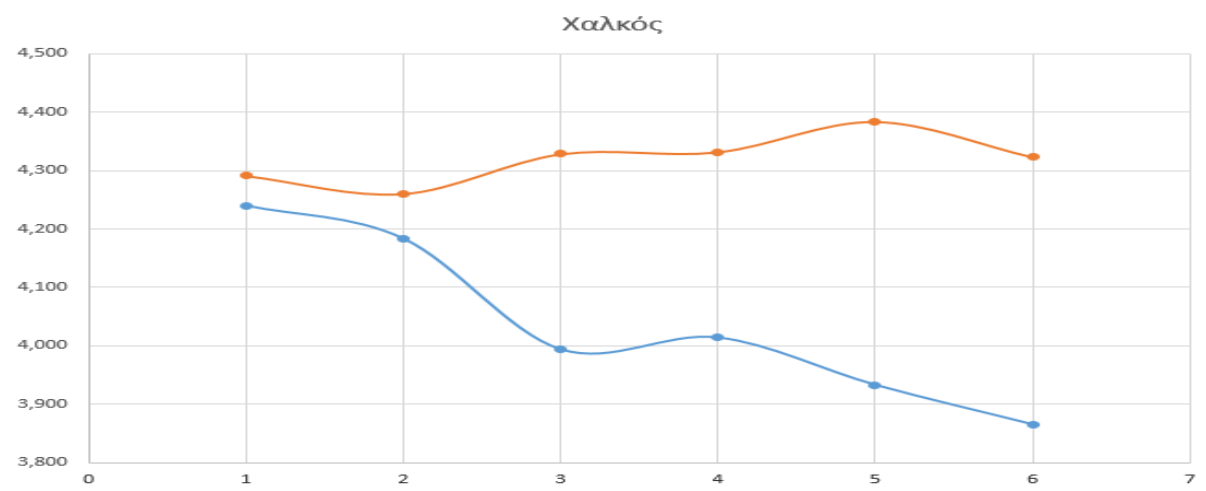
Παρατηρούνται τα spikes τα οποία αντιστοιχούν στην μεγαλύτερη αρμονική και αντιστοιχεί στην περίοδο 6.1.

Πραγματοποιήθηκε αφαίρεση περιοδικότητας (Deseason) και mean removal.



Εικόνα 30: Ανάλυση TSAF για τον χαλκό. (MA)

Αφού βρεθεί ο μέσος όρος των τιμών, αφαιρούνται από τα πραγματικά δεδομένα και υπολογίζεται ο μέσος όρος των αφαιρέσεων. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τη δυνατότητα που δίνει το excel, βρίσκεται η συσχέτιση μεταξύ των μελλοντικών και των πραγματικών τιμών. Το '2/12/2021' είναι η ημερομηνία ενώ οι αριθμοί από το 1 έως το 6 είναι τα lags. (Πίνακας 4.8)

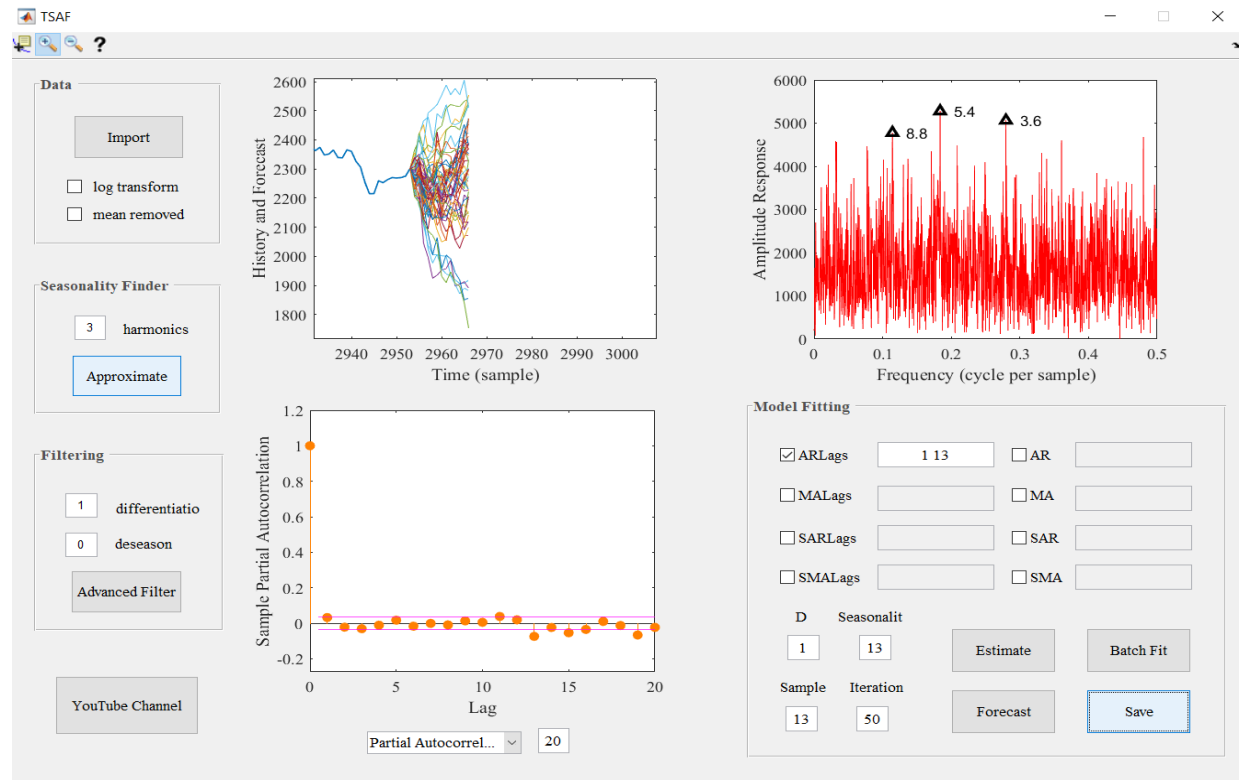


Διάγραμμα 4.21: Για χαλκό. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-6 είναι τα lags. (MA)

4.7.5 (A) Μόλυβδος (Pb)

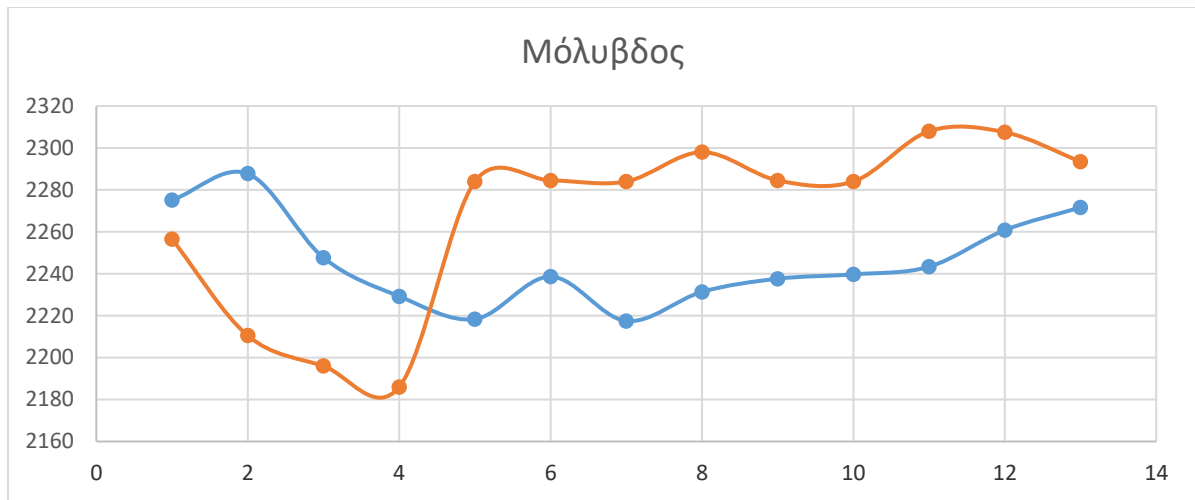
Οι μελλοντικές τιμές ανεβαίνουν από το TSAF στο excel. Οι επαναλήψεις είναι 50. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι το MA, $D=1$ και η περιοδικότητα είναι 13.

Παρατηρούνται τα spikes τα οποία αντιστοιχούν στις μεγαλύτερες αρμονικές και αντιστοιχούν στις περιόδους 8.8, 5.4 και 3.6



Εικόνα 31: Ανάλυση TSAF για το μόλυβδο. (AR)

Αφού βρεθεί ο μέσος όρος των τιμών, αφαιρούνται από τα πραγματικά δεδομένα και υπολογίζεται ο μέσος όρος των αφαιρέσεων. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τη δυνατότητα που δίνει το excel, βρίσκεται η συσχέτιση μεταξύ των μελλοντικών και των πραγματικών τιμών. Το '2/12/2021' είναι η ημερομηνία ενώ οι αριθμοί από το 1 έως το 13 είναι τα lags. (Πίνακας 4.9)



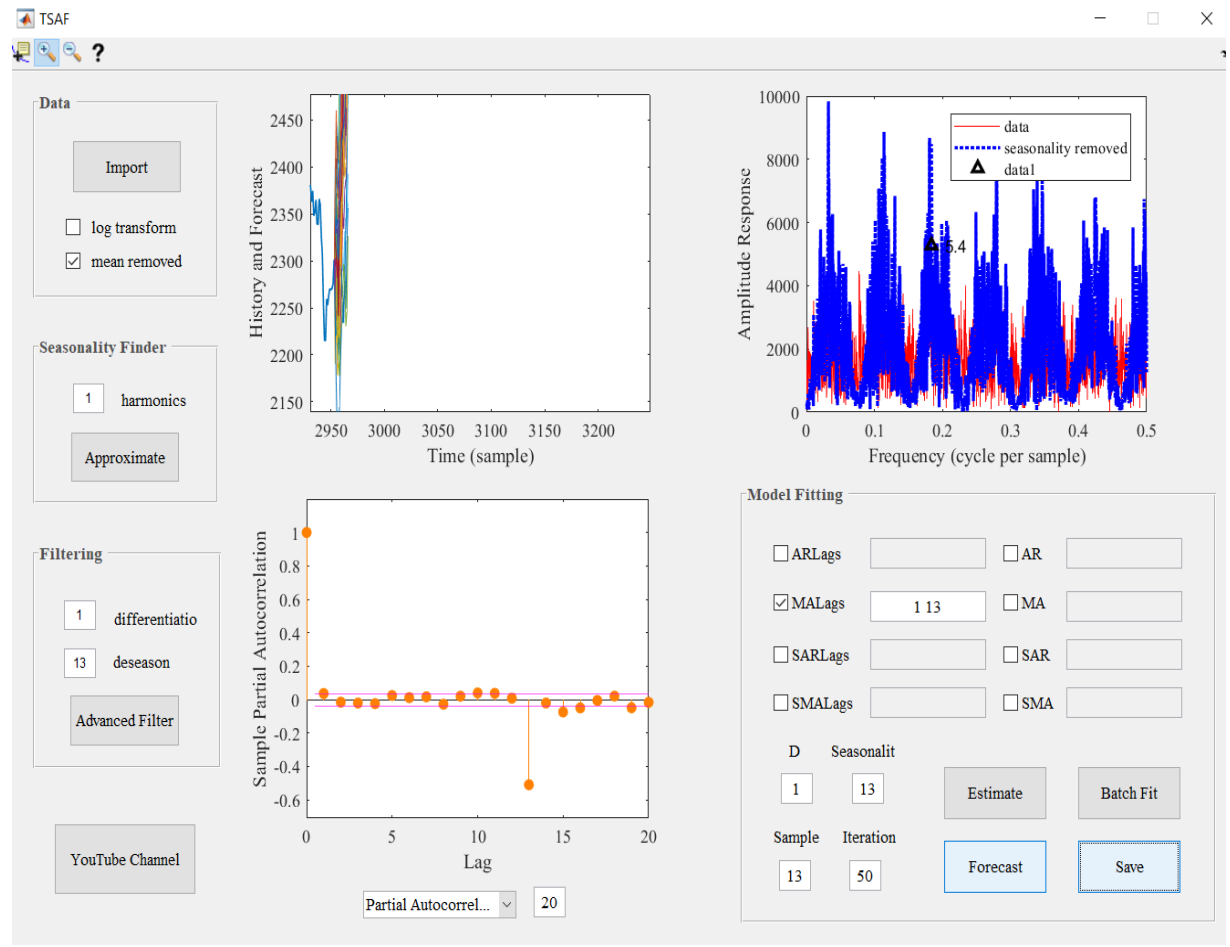
Διάγραμμα 4.22: Για μόλυβδο. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-13 είναι τα lags. (AR)

4.7.5 (B) Μόλυβδος (Pb)

Οι μελλοντικές τιμές ανεβαίνουν από το TSAF στο excel. Οι επαναλήψεις είναι 50. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι το MA. , D=1 και η περιοδικότητα είναι 6.

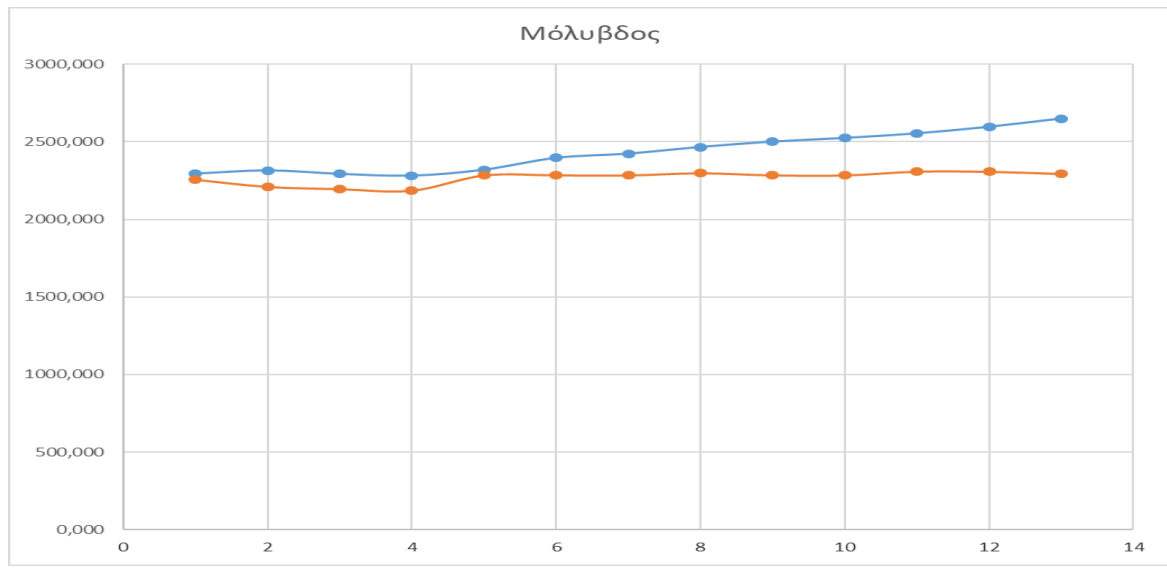
Παρατηρούνται τα spikes τα οποία αντιστοιχούν στην μεγαλύτερη αρμονική και αντιστοιχεί στην περίοδο 5.4.

Πραγματοποιήθηκε αφαίρεση περιοδικότητας (Deseason) και mean removal.



Εικόνα 32: Ανάλυση TSAF για τον μόλυβδο. (MA)

Αφού βρεθεί ο μέσος όρος των τιμών, αφαιρούνται από τα πραγματικά δεδομένα και υπολογίζεται ο μέσος όρος των αφαιρέσεων. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τη δυνατότητα που δίνει το excel, βρίσκεται η συσχέτιση μεταξύ των μελλοντικών και των πραγματικών τιμών. Οι αριθμοί από το 1 έως το 13 είναι τα lags. **(Πίνακας 4.10)**

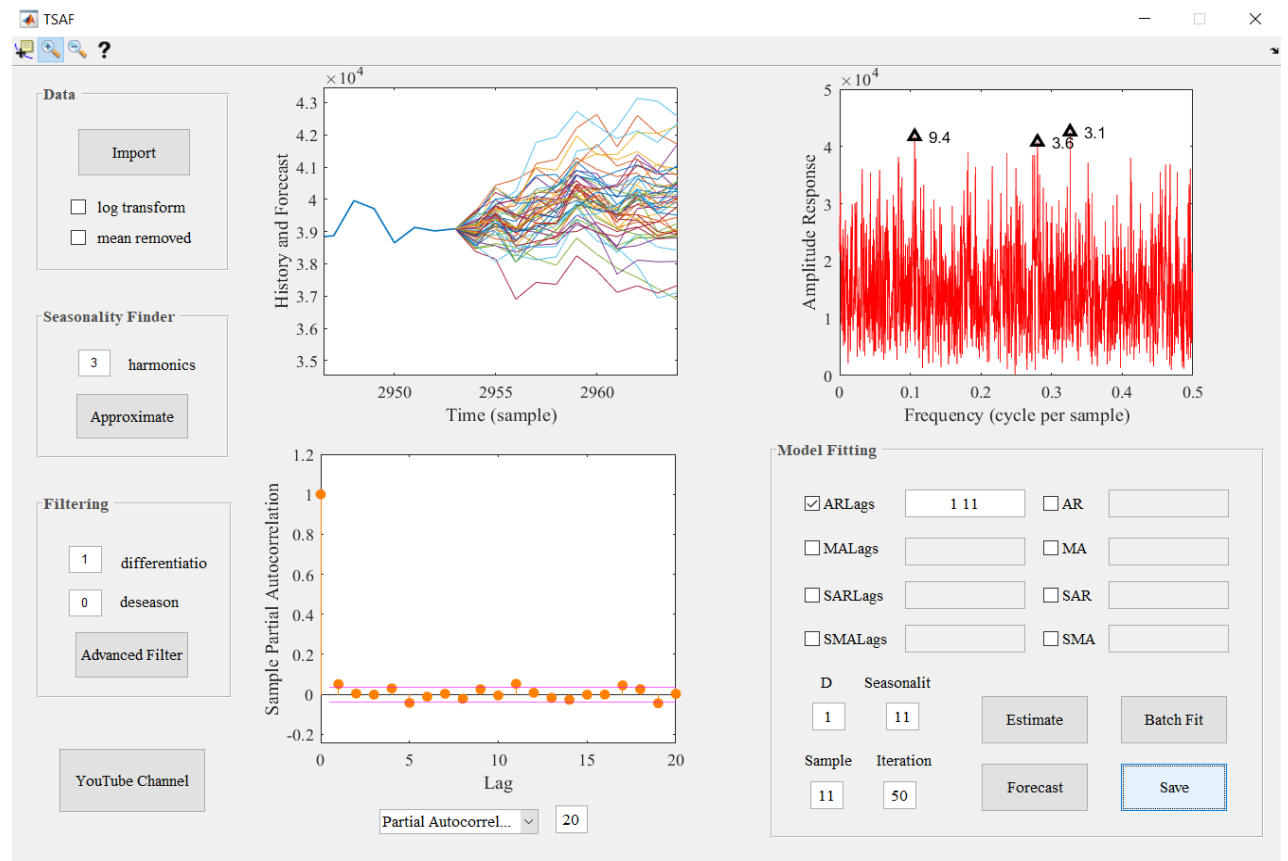


Διάγραμμα 4.23: Για μόλυβδο. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-13 είναι τα lags. (MA)

4.7.6 (A) Κασσίτερος (Sn)

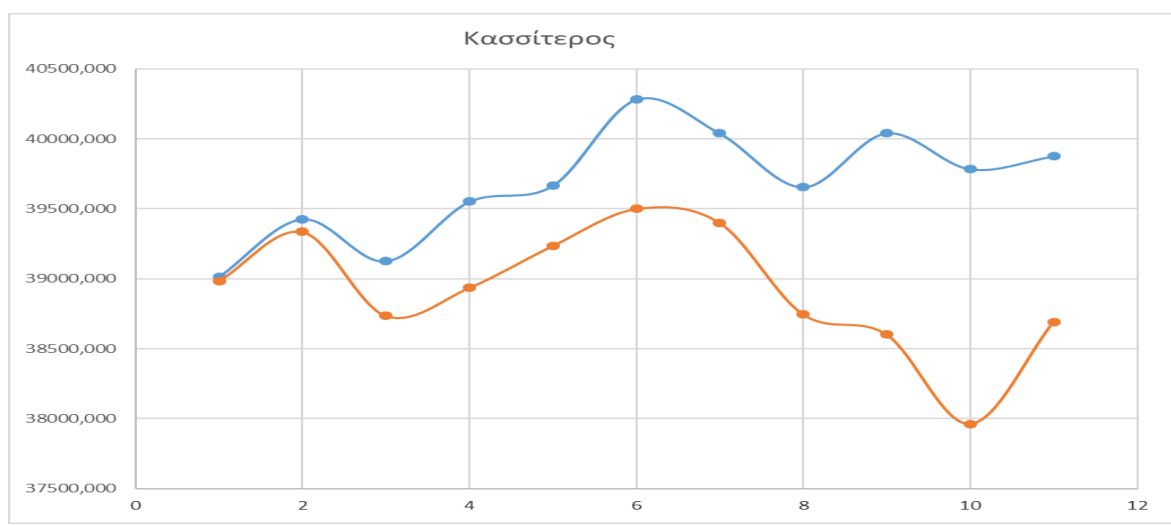
Οι μελλοντικές τιμές ανεβαίνουν από το TSAF στο excel. Οι επαναλήψεις είναι 50. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι το MA. , D=1 και η περιοδικότητα είναι 11.

Παρατηρούνται τα spikes τα οποία αντιστοιχούν στις μεγαλύτερες αρμονικές και αντιστοιχούν στις περιόδους 9.4, 3.6 και 3.1



Εικόνα 34: Ανάλυση TSAF για το κασσίτερο. (AR)

Αφού βρεθεί ο μέσος όρος των τιμών, αφαιρούνται από τα πραγματικά δεδομένα και υπολογίζεται ο μέσος όρος των αφαιρέσεων. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τη δυνατότητα που δίνει το excel, βρίσκεται η συσχέτιση μεταξύ των μελλοντικών και των πραγματικών τιμών. Το '2/12/2021' είναι η ημερομηνία ενώ οι αριθμοί από το 1 έως το 11 είναι τα lags. (Πίνακας 4.11)



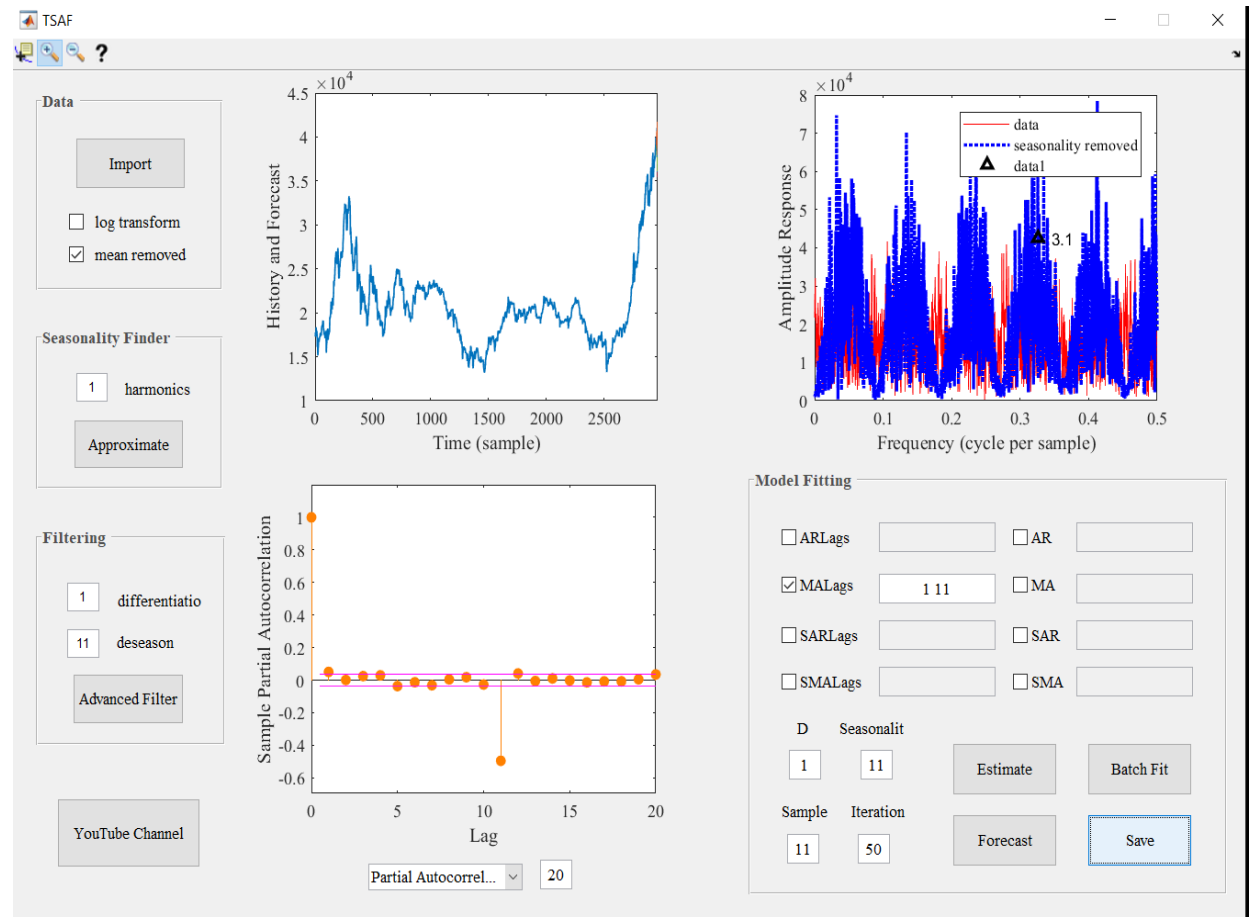
Διάγραμμα 4.24: Για κασσίτερο. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-11 είναι τα lags. (AR)

4.7.6 (B) Κασσίτερος (Sn)

Οι μελλοντικές τιμές ανεβαίνουν από το TSAF στο excel. Οι επαναλήψεις είναι 50. Το μοντέλο που χρησιμοποιώ είναι το MA, $D=1$ και η περιοδικότητα είναι 6.

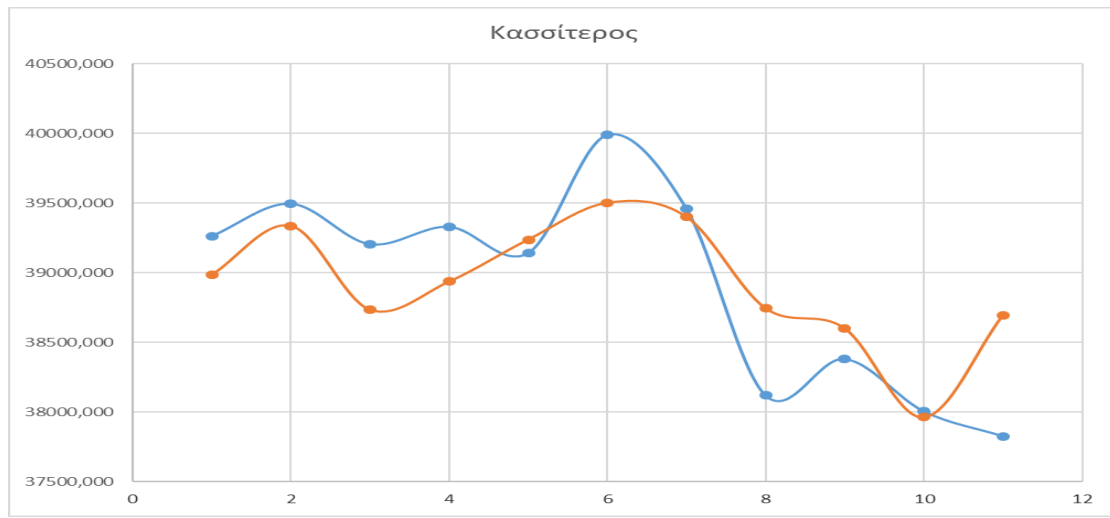
Παρατηρούνται τα spikes τα οποία αντιστοιχούν στην μεγαλύτερη αρμονική και αντιστοιχεί στην περίοδο 5.4.

Πραγματοποιήθηκε αφαίρεση περιοδικότητας (Deseason) και mean removal.



Εικόνα 33: Ανάλυση TSAF για το κασσίτερο. (MA)

Αφού βρεθεί ο μέσος όρος των τιμών, αφαιρούνται από τα πραγματικά δεδομένα και υπολογίζεται ο μέσος όρος των αφαιρέσεων. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τη δυνατότητα που δίνει το excel, βρίσκεται η συσχέτιση μεταξύ των μελλοντικών και των πραγματικών τιμών. Οι αριθμοί από το 1 έως το 11 είναι τα lags. (Πίνακας 4.12)

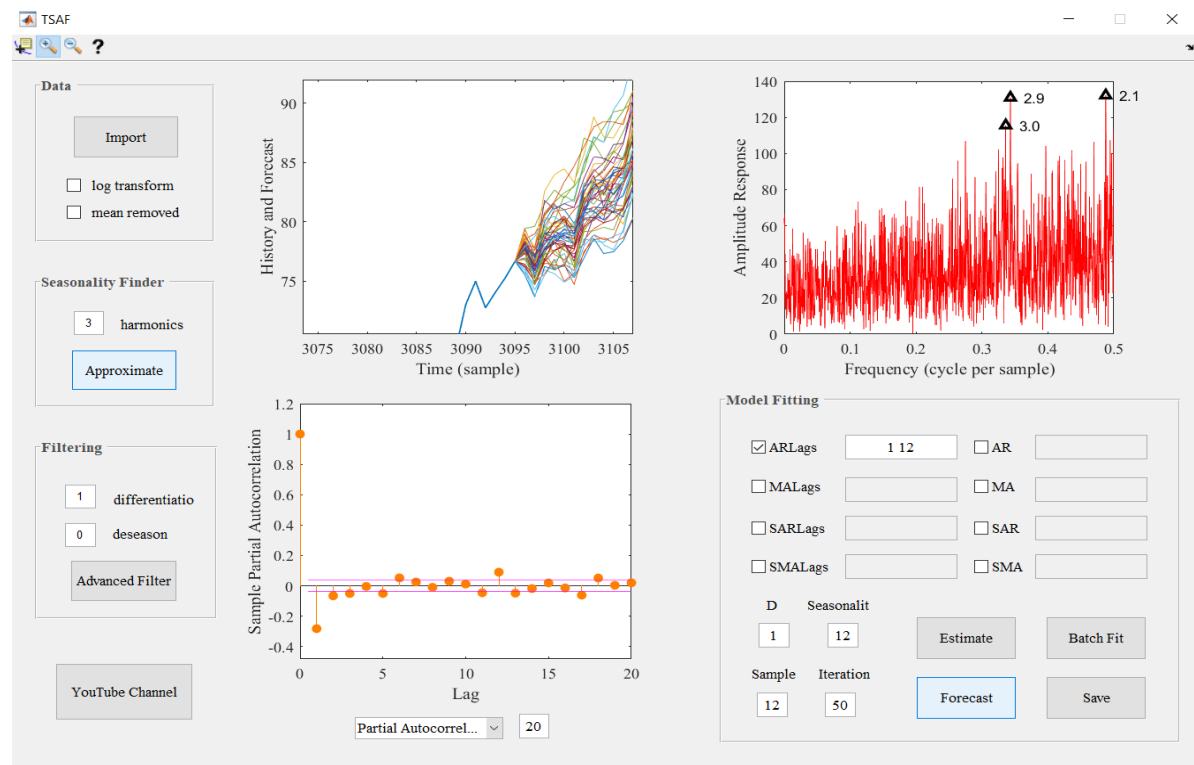


Διάγραμμα 4.25: Για κασσίτερο. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-11 είναι τα lags. (MA)

4.7.7 (A) Διοξείδιο του άνθρακα (CO2)

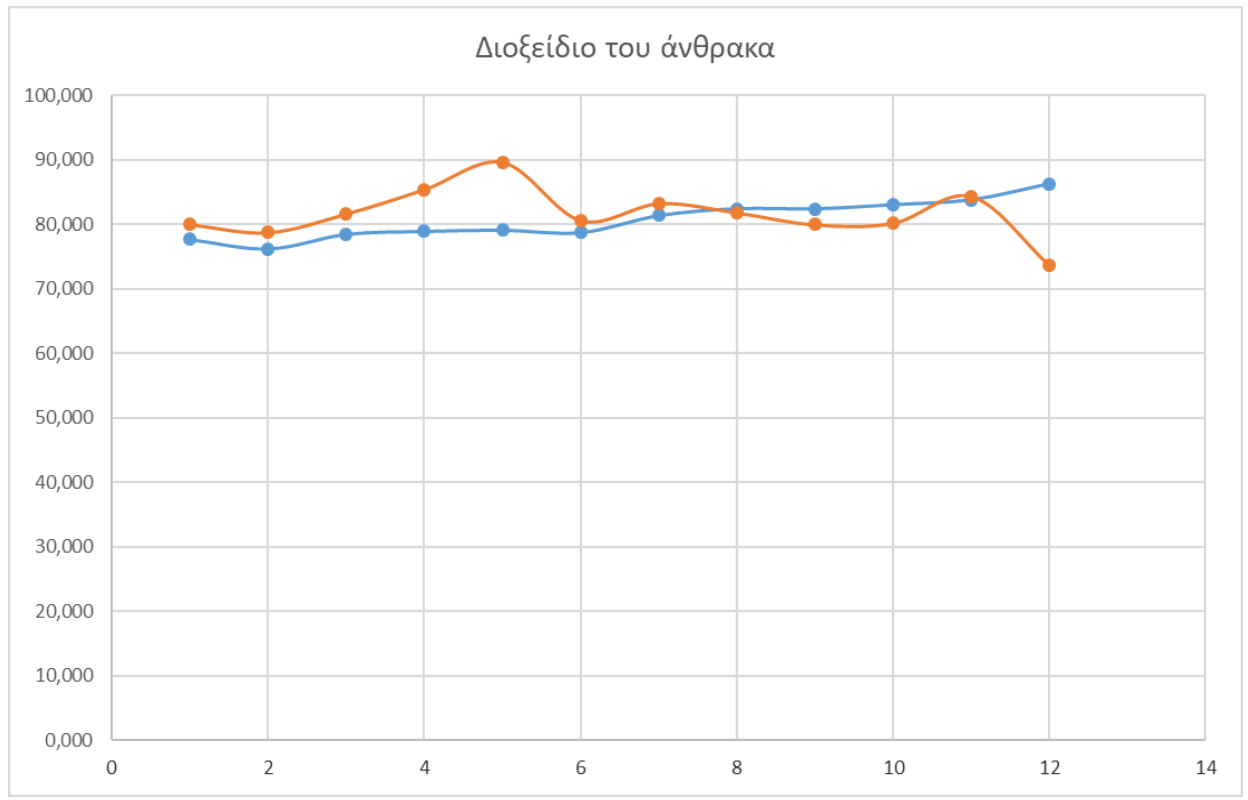
Οι μελλοντικές τιμές ανεβαίνουν από το TSAF στο excel. Οι επαναλήψεις είναι 50. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι το MA. , D=1 και η περιοδικότητα είναι 12.

Παρατηρούνται τα spikes τα οποία αντιστοιχούν στις μεγαλύτερες αρμονικές και αντιστοιχούν στις περιόδους 3.0, 2.9 και 2.1



Εικόνα 34: Ανάλυση TSAF για το διοξείδιο του άνθρακα. (AR)

Αφού βρεθεί ο μέσος όρος των τιμών, αφαιρούνται από τα πραγματικά δεδομένα και υπολογίζεται ο μέσος όρος των αφαιρέσεων. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τη δυνατότητα που δίνει το excel, βρίσκεται η συσχέτιση μεταξύ των μελλοντικών και των πραγματικών τιμών. Το '2/12/2021' είναι η ημερομηνία ενώ οι αριθμοί από το 1 έως το 12 είναι τα lags. (Πίνακας 4.13)



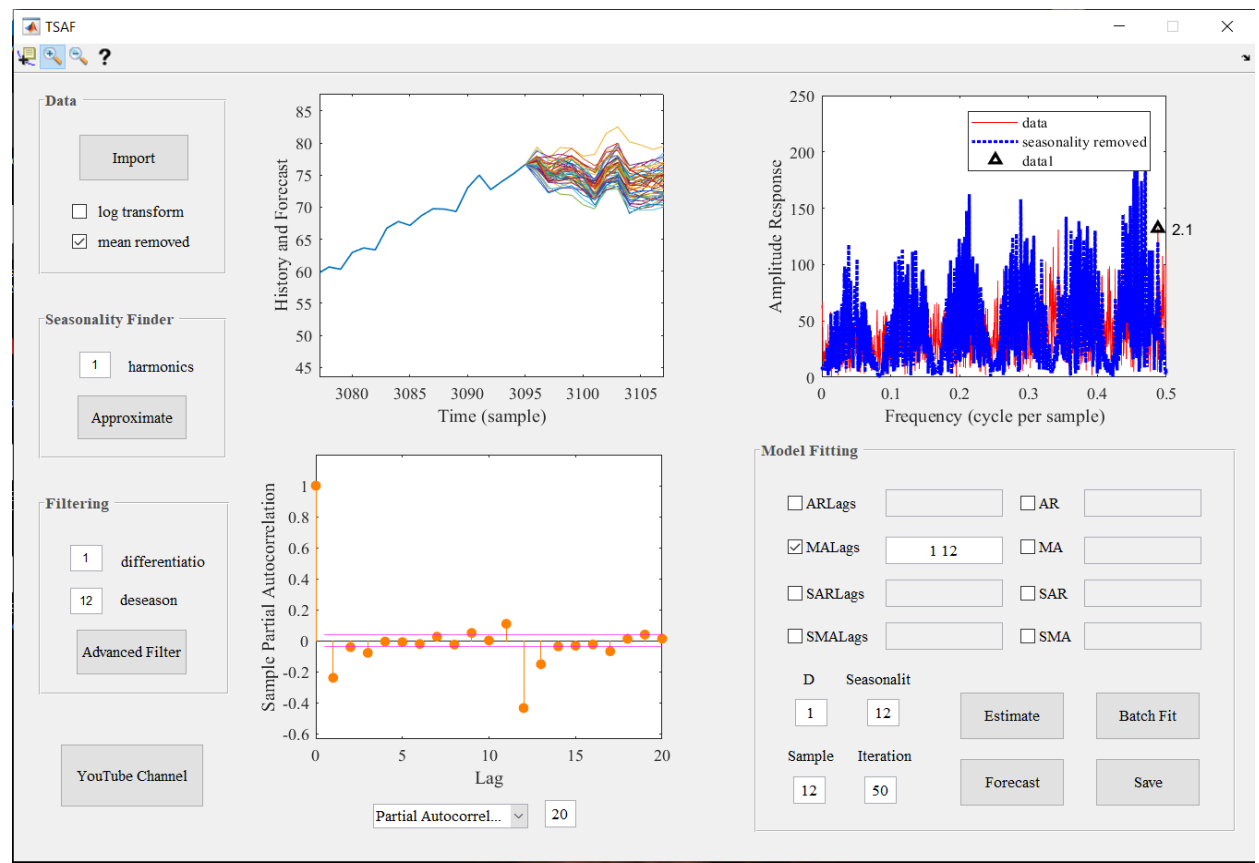
Διάγραμμα 4.26: Για διοξείδιο του άνθρακα. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-12 είναι τα lags. (AR)

4.7.7 (B) Διοξείδιο του άνθρακα (CO2)

Οι μελλοντικές τιμές ανεβαίνουν από το TSAF στο excel. Οι επαναλήψεις είναι 50. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι το MA. , D=1 και η περιοδικότητα είναι 12.

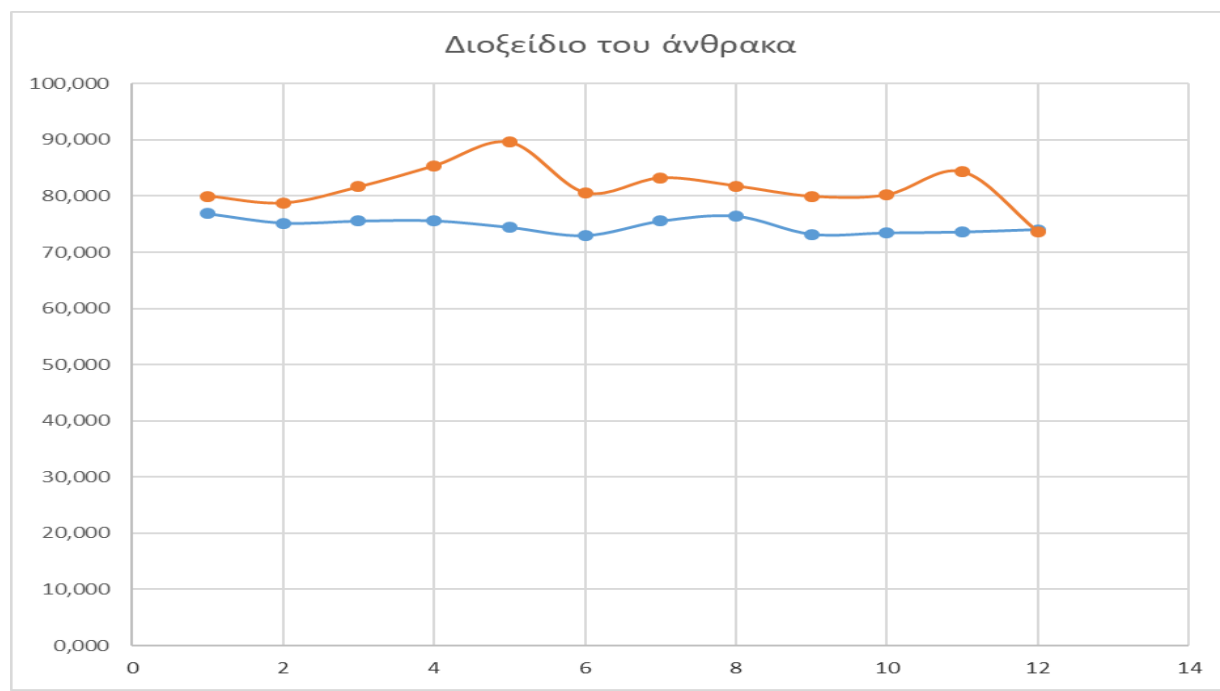
Παρατηρούνται τα spikes τα οποία αντιστοιχούν στην μεγαλύτερη αρμονική και αντιστοιχεί στην περίοδο 2.1.

Πραγματοποιήθηκε αφαίρεση περιοδικότητας (Deseason) και mean removal.



Εικόνα 35: Ανάλυση TSAF για το διοξείδιο του άνθρακα. (MA)

Αφού βρεθεί ο μέσος όρος των τιμών, αφαιρούνται από τα πραγματικά δεδομένα και υπολογίζεται ο μέσος όρος των αφαιρέσεων. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τη δυνατότητα που δίνει το excel, βρίσκεται η συσχέτιση μεταξύ των μελλοντικών και των πραγματικών τιμών. Το '2/12/2021' είναι η ημερομηνία ενώ οι αριθμοί από το 1 έως το 12 είναι τα lags. **(Πίνακας 4.14)**



Διάγραμμα 4.27: Για διοξείδιο του άνθρακα. Με την μπλε γραμμή είναι οι τιμές πρόβλεψης ενώ με την πορτοκαλί οι πραγματικές. Από το 1-12 είναι τα lags. (MA)

4.8 Παρουσίαση τιμών συσχέτισης μεταξύ του μέσου όρου των τιμών μετάλλων και των πραγματικών τους τιμών, όπως αυτές δόθηκαν.

1) Για το αυτοπαλινδρόμικο μοντέλο AR οι συσχετίσεις είναι :

- Για το Αλουμίνιο 26,29 %, που σημαίνει ότι υπάρχει μεγάλη απόκλιση μεταξύ των προβλεπόμενων και των πραγματικών τιμών. Αυτό φαίνεται εξάλλου και στο διάγραμμα 4.16.
- Για τον Ψευδάργυρο 80,92 %, που σημαίνει ότι υπάρχει πολύ μεγάλη συσχέτιση, οπότε και το συγκεκριμένο μοντέλο μπορεί να επιλεγεί για την πρόβλεψη της τιμής του. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 4.17 οι γραμμές που δηλώνουν την πρόβλεψη και τις πραγματικές τιμές σχεδόν ταυτίζονται.
- Για το Νικέλιο 70,80 %, το οποίο και υποδηλώνει μεγάλη συσχέτιση. Οπότε , όπως και στην περίπτωση του ψευδάργυρου το μοντέλο αυτό θα ήταν μια καλή επιλογή.
- Για τον Χαλκό 30,47 %, υποδηλώνοντας, όπως στην περίπτωση του Αλουμινίου μεγάλη απόκλιση καθιστώντας το συγκεκριμένο μοντέλο μη κατάλληλο για την πρόβλεψη της τιμής.
- Για τον Μόλυβδο 18,5 %, όπου και για αυτό ισχύουν τα ίδια όπως για το Αλουμίνιο και τον Χαλκό. Η συγκεκριμένη συσχέτιση είναι και η δεύτερη

χαμηλότερη που έχει βρεθεί για όλα τα μέταλλα, μετά από αυτής του Κασσίτερου.

- *Για τον Κασσίτερο 12,46 %.* Αυτή είναι και η χαμηλότερη τιμή συσχέτισης που βρέθηκε από όλα τα επιλεγμένα για την εργασία μέταλλα. Εδώ είναι ξεκάθαρη η ανάγκη να χρησιμοποιηθεί οπωσδήποτε άλλο μοντέλο πρόβλεψης τιμών. Το ίδιο ισχύει και για τον Μόλυβδο.
- *Για το Διοξείδιο του Άνθρακα 31,68 %.* Αυτή είναι και η συσχέτιση πραγματικών και προβλεπόμενων τιμών εκπομπών του Διοξειδίου του Άνθρακα. Είναι σχετικά χαμηλή αλλά θα προτιμηθεί αυτό το μοντέλο για όπως φαίνεται παρακάτω χρησιμοποιώντας το άλλο μοντέλο κινούμενου μέσου (MA) η συσχέτιση είναι 10,88 %, δηλαδή αισθητά μικρότερη.

Οι συσχετίσεις βρέθηκαν και από δεύτερο μοντέλο, για να βρεθούν οι καλύτερες επιλογές και να αποφασιστεί ποιο μοντέλο είναι πιο κατάλληλο για το κάθε μέταλλο. Σε μερικά οι διαφορές είναι αρκετά μεγάλες οπότε και η επιλογή ξεκάθαρη, (Χαλκό, Μόλυβδο, Κασσίτερο) ενώ σε άλλα η επιλογή κρίνεται σε λεπτομέρειες (Νικέλιο). Μόνο στο διοξείδιο του άνθρακα βρέθηκαν χαμηλές τιμές και από τα δυο μοντέλα, εκ των οποίων όμως η μια, παρότι χαμηλή, ήταν αρκετά καλύτερη από την άλλη. Η μεγαλύτερη συσχέτιση βρέθηκε στον κασσίτερο από το μοντέλο MA (81,50%) και η χαμηλότερη στο διοξείδιο του άνθρακα πάλι στο MA μοντέλο (10,88%).

2) Για το μοντέλο κινούμενου μέσου (MA) οι συσχετίσεις είναι :

- *Για το Νικέλιο 77,42 %*, που σημαίνει μεγάλη συσχέτιση. Για το άλλο μοντέλο η συσχέτιση ήταν 70,80 % όπου είναι και πάλι υψηλή, οπότε και τα δυο μοντέλα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν. Αλλά για το συγκεκριμένο μέταλλο η καλύτερη επιλογή θα ήταν το **MA**.
- *Για τον Χαλκό 74,13 %*, μεγάλη δηλαδή συσχέτιση. Για το άλλο μοντέλο η συσχέτιση ήταν 30,47 % όπου και θα ήταν μη κατάλληλο. Όμως, το μοντέλο πρόβλεψης **MA** είναι μια αρκετά καλή επιλογή για το συγκεκριμένο μέταλλο.
- *Για τον Μόλυβδο 76,02 %*, που υποδηλώνει μεγάλη συσχέτιση και είναι πολύ υψηλότερη από αυτήν του AR μοντέλου που ήταν 18,5 %. Οπότε χωρίς αμφιβολία το μοντέλο **MA** είναι η σωστή επιλογή για το συγκεκριμένο μέταλλο.
- *Για τον Κασσίτερο 81,50 %.* Αυτή είναι και η μεγαλύτερη συσχέτιση που βρέθηκε γενικά και από τα δυο μοντέλα για όλα τα μέταλλα. Για το AR μοντέλο η συσχέτιση ήταν 12,46 % η οποία ήταν και η δεύτερη χαμηλότερη γενικά. Η σωστή επιλογή είναι το μοντέλο **MA**.
- *Για το Διοξείδιο του Άνθρακα 10,88 %.* Αυτή είναι και η συσχέτιση πραγματικών και προβλεπόμενων τιμών εκπομπών του Διοξειδίου του Άνθρακα. Είναι αρκετά χαμηλή, η χαμηλότερη όλων, οπότε και χαμηλότερη από την συσχέτιση του AR μοντέλου που ήταν 31,68%. Η σωστή επιλογή παραμένει το αυτοπαλινδρόμικο μοντέλο **AR**.

Συμπεράσματα

Ανακεφαλαιώνοντας, μια χρονοσειρά είναι ένα σύνολο δεδομένων που παρακολουθεί ένα δείγμα με την πάροδο του χρόνου. Η ανάλυση χρονοσειρών είναι βασικά η καταγραφή δεδομένων σε τακτά χρονικά διαστήματα, η οποία θα μπορούσε να οδηγήσει στη λήψη μιας έμπειρης απόφασης, κρίσιμης σημασίας για το εμπόριο και έτσι να έχει πολλαπλές εφαρμογές όπως ανάλυση χρηματιστηρίου και τάσεων, χρηματοοικονομική πρόβλεψη, ανάλυση αποθέματος, ανάλυση απογραφής, πρόβλεψη απόδοσης, πρόβλεψη πωλήσεων κ.λπ.

Υπάρχουν πιο περίπλοκες τεχνικές που μπορούν να αποδώσουν πολύ καλύτερα αν υπάρχουν πολλά δεδομένα. Αλλά σε περιπτώσεις που **τα δεδομένα είναι περιορισμένα, τα απλά μοντέλα AR και MA υπερτερούν**. Οι μέθοδοι πρόβλεψης που χρησιμοποιούν χρονοσειρές χρησιμοποιούνται τόσο στη θεμελιώδη όσο και στην τεχνική ανάλυση.

Πριν από την εφαρμογή οποιουδήποτε στατιστικού μοντέλου, τα δεδομένα πρέπει να είναι στάσιμα (έχουν σταθερό μέσο όρο, σταθερή διακύμανση και συνδιακύμανση). Οι αρχές της στασιμότητας είναι κεντρικές στην ανάλυση των χρονοσειρών. Μόλις εντοπιστούν και αφαιρεθούν συγκεκριμένες τάσεις, υπάρχει η δυνατότητα στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν ισχυρά μοντέλα μηχανικής μάθησης που έχουν σχεδιαστεί για δεδομένα χρονοσειρών. Μια σταθερή χρονοσειρά είναι εκείνη της οποίας οι ιδιότητες δεν εξαρτώνται από το χρόνο κατά τον οποίο παρατηρείται η σειρά. Έτσι, οι χρονοσειρές με τάσεις, ή με εποχικότητα, δεν είναι σταθερές - η τάση και η εποχικότητα θα επηρεάσουν την αξία των χρονοσειρών σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Το μοντέλο θα λειτουργήσει σωστά μόνο εάν ορισμένες ιδιότητες (μέσος όρος, διακύμανση, συνδιακύμανση), είναι πανομοιότυπες σε οποιοδήποτε επιλεγμένο χρονικό πλαίσιο. **Εάν υπάρχει μια τάση στο σύνολο δεδομένων σας, πρέπει να καταργηθεί η τάση (είτε διαφοροποιώντας είτε αφαιρώντας την τάση) πριν συνεχιστεί η διαδικασία.**

Η πρόβλεψη χρονοσειρών χρησιμοποιεί πληροφορίες σχετικά με ιστορικές τιμές και σχετικά μοτίβα για την πρόβλεψη μελλοντικής δραστηριότητας. Τις περισσότερες φορές, αυτό σχετίζεται με την ανάλυση τάσεων, την ανάλυση κυκλικών διακυμάνσεων και ζητήματα εποχικότητας. **Όπως συμβαίνει με όλες τις μεθόδους πρόβλεψης, η επιτυχία δεν είναι εγγυημένη.**

Στόχος της στοχαστικής ανάλυσης των χρονολογικών σειρών είναι η μελέτη της στοχαστικής διαδικασίας διαμόρφωσης των δεδομένων (data generating process) και η διενέργεια προβλέψεων.

Στο πλαίσιο της ανάλυσης χρονοσειρών, πριν από τη μοντελοποίηση των χρονοσειρών θα πρέπει να αναλυθεί η αυτοσυσχέτιση και η μερική αυτοσυσχέτιση, προκειμένου να αποκτηθεί σωστή εικόνα από τη χρονοσειρά. Αυτά τα βήματα εκτελούνται βασικά για να υπάρχουν αποδείξεις ότι τα δεδομένα είναι συνάρτηση του χρόνου. Παρατηρώντας και ερμηνεύοντας τα παραπάνω διαγράμματα μπορεί κανείς να αποφασίσει ποια τεχνική μοντελοποίησης χρονοσειρών θα χρησιμοποιήσει περαιτέρω, δηλαδή στην περίπτωση αυτή, αυτοπαλινδρόμηση ή κινούμενο μέσο όρο.

Παράρτημα Α

Πίνακες δεδομένων και βαθμών εμπιστοσύνης που βρέθηκαν με τη βοήθεια του excel.

Αλουμίνιο (Al)

Στήλη1				
Μέσος	2632,084		Μέσος	2632,0844
Τυπικό σφάλμα	6,395997		Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%)	14,251168
Διάμεσος	2628,135			
Επικρατούσα τιμή			Lower	2617,8333
Μέση απόκλιση τετραγώνου	21,21312		Higher	2646,3356
Διακύμανση	449,9965			
Κύρτωση	-0,69122			
Ασυμμετρία	0,720284			
Εύρος	59,57231			
Ελάχιστο	2609,938			
Μέγιστο	2669,51			
Άθροισμα	28952,93			
Πλήθος	11			
Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%)	14,25117			
Στήλη2				
Μέσος	2632,084		Μέσος	2632,0844
Τυπικό σφάλμα	6,395997		Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0%)	0,4112507
Διάμεσος	2628,135			
Επικρατούσα τιμή			Lower	2631,6732
Μέση απόκλιση τετραγώνου	21,21312		Higher	2632,4957
Διακύμανση	449,9965			
Κύρτωση	-0,69122			
Ασυμμετρία	0,720284			
Εύρος	59,57231			
Ελάχιστο	2609,938			
Μέγιστο	2669,51			
Άθροισμα	28952,93			
Πλήθος	11			
Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0%)	0,411251			

Ψευδάργυρος (Zn)

Στήλη1			
Μέσος	3322,22	Μέσος	3322,22
Τυπικό σφάλμα	41,5686	Βαθμός εμπιστοσύνης(95%	85,9911
Διάμεσος	3330,85		
Επικρατούσα τιμή		Lower	3236,22
Μέση απόκλιση τετραγών	203,644	Higher	3408,21
Διακύμανση	41470,7		
Κύρτωση	-1,1762		
Ασυμμετρία	0,25453		
Εύρος	660,465		
Ελάχιστο	3061,04		
Μέγιστο	3721,5		
Άθροισμα	79733,2		
Πλήθος	24		
Βαθμός εμπιστοσύνης(95%	85,9911		
Στήλη2			
Μέσος	3322,22	Μέσος	3322,22
Τυπικό σφάλμα	41,5686	Βαθμός εμπιστοσύνης(5,	2,63522
Διάμεσος	3330,85		
Επικρατούσα τιμή		Lower	3319,58
Μέση απόκλιση τετραγών	203,644	Higher	3324,85
Διακύμανση	41470,7		
Κύρτωση	-1,1762		
Ασυμμετρία	0,25453		
Εύρος	660,465		
Ελάχιστο	3061,04		
Μέγιστο	3721,5		
Άθροισμα	79733,2		
Πλήθος	24		
Βαθμός εμπιστοσύνης(5,	2,63522		

Νικέλιο (AR)

Στήλη1			
Μέσος	20347,5	Μέσος	20347,5
Τυπικό σφάλμα	76,5505	Βαθμός εμπιστοσύνης(95	176,526
Διάμεσος	20253,7		
Επικρατούσα τιμή		Lower	20171
Μέση απόκλιση τετραγών	229,652	Higher	20524,1
Διακύμανση	52739,8		
Κύρτωση	-0,4671		
Ασυμμετρία	0,96587		
Εύρος	624,587		
Ελάχιστο	20108,7		
Μέγιστο	20733,3		
Άθροισμα	183128		
Πλήθος	9		
Βαθμός εμπιστοσύνης(95	176,526		
Στήλη2			
Μέσος	20347,5	Μέσος	20347,5
Τυπικό σφάλμα	76,5505	Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0	4,95286
Διάμεσος	20253,7		
Επικρατούσα τιμή		Lower	20342,6
Μέση απόκλιση τετραγών	229,652	Higher	20352,5
Διακύμανση	52739,8		
Κύρτωση	-0,4671		
Ασυμμετρία	0,96587		
Εύρος	624,587		
Ελάχιστο	20108,7		
Μέγιστο	20733,3		
Άθροισμα	183128		
Πλήθος	9		
Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0	4,95286		

Νικέλιο (ΜΑ)

Στήλη1				
Μέσος	18892,9		Μέσος	18892,9
Τυπικό σφάλμα	366,517		Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%	845,19
Διάμεσος	19321,4			
Επικρατούσα τιμή			Lower	18047,7
Μέση απόκλιση τετραγών	1099,55		Higher	19738,1
Διακύμανση	1209013			
Κύρτωση	-1,8246			
Ασυμμετρία	-0,3706			
Εύρος	2745,32			
Ελάχιστο	17288,3			
Μέγιστο	20033,6			
Άθροισμα	170036			
Πλήθος	9			
Βαθμός εμπιστοσύνης(95,	845,19			
Στήλη1				
Μέσος	18892,9		Μέσος	18892,9
Τυπικό σφάλμα	366,517		Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0%)	23,7138
Διάμεσος	19321,4			
Επικρατούσα τιμή			Lower	18869,2
Μέση απόκλιση τετραγών	1099,55		Higher	18916,6
Διακύμανση	1209013			
Κύρτωση	-1,8246			
Ασυμμετρία	-0,3706			
Εύρος	2745,32			
Ελάχιστο	17288,3			
Μέγιστο	20033,6			
Άθροισμα	170036			
Πλήθος	9			
Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0	23,7138			

Χαλκός (AR)

Στήλη1				
Μέσος	4,20918122		Μέσος	4,20918
Τυπικό σφάλμα	0,01483086		Βαθμός εμπιστοσύνης(95%	0,03812
Διάμεσος	4,20184944			
Επικρατούσα τιμή			Lower	4,17106
Μέση απόκλιση τετραγών	0,03632803		Higher	4,24731
Διακύμανση	0,00131973			
Κύρτωση	-0,30417371			
Ασυμμετρία	0,05472964			
Εύρος	0,10229275			
Ελάχιστο	4,15688732			
Μέγιστο	4,25918007			
Άθροισμα	25,2550873			
Πλήθος	6			
Βαθμός εμπιστοσύνης(95%	0,03812393			
Στήλη1				
Μέσος	4,20918122		Μέσος	4,20918
Τυπικό σφάλμα	0,01483086		Βαθμός εμπιστοσύνης(5,	0,00098
Διάμεσος	4,20184944			
Επικρατούσα τιμή			Lower	4,2082
Μέση απόκλιση τετραγών	0,03632803		Higher	4,21016
Διακύμανση	0,00131973			
Κύρτωση	-0,30417371			
Ασυμμετρία	0,05472964			
Εύρος	0,10229275			
Ελάχιστο	4,15688732			
Μέγιστο	4,25918007			
Άθροισμα	25,2550873			
Πλήθος	6			
Βαθμός εμπιστοσύνης(5,	0,00097757			

Χαλκός (ΜΑ)

Στήλη1				
Μέσος	4,03837		Μέσος	4,03837
Τυπικό σφάλμα	0,05938		Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%)	0,15264
Διάμεσος	4,00395			
Επικρατούσα τιμή			Lower	3,88572
Μέση απόκλιση τετραγώνου	0,14545		Higher	4,19101
Διακύμανση	0,02116			
Κύρτωση	-1,3299			
Ασυμμετρία	0,4726			
Εύρος	0,37531			
Ελάχιστο	3,86502			
Μέγιστο	4,24034			
Άθροισμα	24,2302			
Πλήθος	6			
Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%)	0,15264			
Στήλη1				
Μέσος	4,03837		Μέσος	4,03837
Τυπικό σφάλμα	0,05938		Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0%)	0,00391
Διάμεσος	4,00395			
Επικρατούσα τιμή			Lower	4,03445
Μέση απόκλιση τετραγώνου	0,14545		Higher	4,04228
Διακύμανση	0,02116			
Κύρτωση	-1,3299			
Ασυμμετρία	0,4726			
Εύρος	0,37531			
Ελάχιστο	3,86502			
Μέγιστο	4,24034			
Άθροισμα	24,2302			
Πλήθος	6			
Μεγαλύτερο(1)	4,24034			
Μικρότερο(1)	3,86502			
Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0%)	0,00391			

Μόλυβδος (AR)

Στήλη1				
Μέσος	2246,06		Μέσος	2246,06
Τυπικό σφάλμα	6,04902		Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%)	13,1797
Διάμεσος	2239,72			
Επικρατούσα τιμή			Lower	2232,88
Μέση απόκλιση τετραγώνου	21,81		Higher	2259,24
Διακύμανση	475,678			
Κύρτωση	-0,5212			
Ασυμμετρία	0,59834			
Εύρος	70,2352			
Ελάχιστο	2217,49			
Μέγιστο	2287,73			
Άθροισμα	29198,8			
Πλήθος	13			
Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%)	13,1797			
Στήλη2				
Μέσος	2246,06		Μέσος	2246,06
Τυπικό σφάλμα	6,04902		Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0%)	0,38732
Διάμεσος	2239,72			
Επικρατούσα τιμή			Lower	2245,68
Μέση απόκλιση τετραγώνου	21,81		Higher	2246,45
Διακύμανση	475,678			
Κύρτωση	-0,5212			
Ασυμμετρία	0,59834			
Εύρος	70,2352			
Ελάχιστο	2217,49			
Μέγιστο	2287,73			
Άθροισμα	29198,8			
Πλήθος	13			
Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0%)	0,38732			

Μόλυβδος (ΜΑ)

Στήλη1				
Μέσος	2432,38		Μέσος	2432,38
Τυπικό σφάλμα	34,9491		Βαθμός εμπιστοσύνης(95	76,1476
Διάμεσος	2423,9			
Επικρατούσα τιμή			Lower	2356,24
Μέση απόκλιση τετραγώνου	126,011		Higher	2508,53
Διακύμανση	15878,7			
Κύρτωση	-1,307			
Ασυμμετρία	0,29019			
Εύρος	366,181			
Ελάχιστο	2282,67			
Μέγιστο	2648,85			
Άθροισμα	31621			
Πλήθος	13			
Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%)	76,1476			
Στήλη1				
Μέσος	2432,38		Μέσος	2432,38
Τυπικό σφάλμα	34,9491		Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0	2,23782
Διάμεσος	2423,9			
Επικρατούσα τιμή			Lower	2430,14
Μέση απόκλιση τετραγώνου	126,011		Higher	2434,62
Διακύμανση	15878,7			
Κύρτωση	-1,307			
Ασυμμετρία	0,29019			
Εύρος	366,181			
Ελάχιστο	2282,67			
Μέγιστο	2648,85			
Άθροισμα	31621			
Πλήθος	13			
Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0%)	2,23782			

Κασσίτερος (AR)

Στήλη1				
Μέσος	39677,8		Μέσος	39677,8
Τυπικό σφάλμα	117,089		Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%)	260,891
Διάμεσος	39665,2			
Επικρατούσα τιμή			Lower	39416,9
Μέση απόκλιση τετραγώνου	388,341		Higher	39938,7
Διακύμανση	150809			
Κύρτωση	-0,4272			
Ασυμμετρία	-0,3292			
Εύρος	1269,79			
Ελάχιστο	39012,1			
Μέγιστο	40281,9			
Άθροισμα	436456			
Πλήθος	11			
Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%)	260,891			
Στήλη2				
Μέσος	39677,8		Μέσος	39677,8
Τυπικό σφάλμα	117,089		Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0%)	7,52863
Διάμεσος	39665,2			
Επικρατούσα τιμή			Lower	39670,3
Μέση απόκλιση τετραγώνου	388,341		Higher	39685,4
Διακύμανση	150809			
Κύρτωση	-0,4272			
Ασυμμετρία	-0,3292			
Εύρος	1269,79			
Ελάχιστο	39012,1			
Μέγιστο	40281,9			
Άθροισμα	436456			
Πλήθος	11			
Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0%)	7,52863			

Κασσίτερος (ΜΑ)

Στήλη1				
Μέσος	38927		Μέσος	38927
Τυπικό σφάλμα	216,343		Βαθμός εμπιστοσύνης(95,	482,042
Διάμεσος	39203,5			
Επικρατούσα τιμή			Lower	38445
Μέση απόκλιση τετραγώνου	717,528		Higher	39409,1
Διακύμανση	514847			
Κύρτωση	-1,248			
Ασυμμετρία	-0,386			
Εύρος	2163,05			
Ελάχιστο	37824,1			
Μέγιστο	39987,2			
Άθροισμα	428197			
Πλήθος	11			
Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%)	482,042			
Στήλη1				
Μέσος	38927		Μέσος	38927
Τυπικό σφάλμα	216,343		Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0	13,9104
Διάμεσος	39203,5			
Επικρατούσα τιμή			Lower	38913,1
Μέση απόκλιση τετραγώνου	717,528		Higher	38940,9
Διακύμανση	514847			
Κύρτωση	-1,248			
Ασυμμετρία	-0,386			
Εύρος	2163,05			
Ελάχιστο	37824,1			
Μέγιστο	39987,2			
Άθροισμα	428197			
Πλήθος	11			
Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0%)	13,9104			

Διοξείδιο του άνθρακα (AR)

Στήλη1				
Μέσος	80,7026		Μέσος	80,7026
Τυπικό σφάλμα	0,85489		Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%)	1,88161
Διάμεσος	80,2401			
Επικρατούσα τιμή			Lower	78,821
Μέση απόκλιση τετραγώνου	2,96143		Higher	82,5842
Διακύμανση	8,7701			
Κύρτωση	-0,6522			
Ασυμμετρία	0,33413			
Εύρος	10,0514			
Ελάχιστο	76,2235			
Μέγιστο	86,2749			
Άθροισμα	968,432			
Πλήθος	12			
Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%)	1,88161			
Στήλη1				
Μέσος	80,7026		Μέσος	80,7026
Τυπικό σφάλμα	0,85489		Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0%)	0,05484
Διάμεσος	80,2401			
Επικρατούσα τιμή			Lower	80,6478
Μέση απόκλιση τετραγώνου	2,96143		Higher	80,7575
Διακύμανση	8,7701			
Κύρτωση	-0,6522			
Ασυμμετρία	0,33413			
Εύρος	10,0514			
Ελάχιστο	76,2235			
Μέγιστο	86,2749			
Άθροισμα	968,432			
Πλήθος	12			
Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0%)	0,05484			

Διοξείδιο του άνθρακα (MA)

Στήλη1				
Μέσος	74,7387		Μέσος	74,7387
Τυπικό σφάλμα	0,3789		Βαθμός εμπιστοσύνης(95,	0,83395
Διάμεσος	74,8101			
Επικρατούσα τιμή			Lower	73,9047
Μέση απόκλιση τετραγώνου	1,31255		Higher	75,5726
Διακύμανση	1,72278			
Κύρτωση	-1,2915			
Ασυμμετρία	0,14405			
Εύρος	3,93289			
Ελάχιστο	72,9431			
Μέγιστο	76,876			
Άθροισμα	896,864			
Πλήθος	12			
Βαθμός εμπιστοσύνης(95,0%)	0,83395			
Στήλη1				
Μέσος	74,7387		Μέσος	74,7387
Τυπικό σφάλμα	0,3789		Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0	0,02431
Διάμεσος	74,8101			
Επικρατούσα τιμή			Lower	74,7144
Μέση απόκλιση τετραγώνου	1,31255		Higher	74,763
Διακύμανση	1,72278			
Κύρτωση	-1,2915			
Ασυμμετρία	0,14405			
Εύρος	3,93289			
Ελάχιστο	72,9431			
Μέγιστο	76,876			
Άθροισμα	896,864			
Πλήθος	12			
Βαθμός εμπιστοσύνης(5,0%)	0,02431			

Παράρτημα Β

Πίνακες μετάλλων 4^{ου} Κεφαλαίου

ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΑΠΟ INVESTING	ΑΦΑΙΡΕΣΗ	Μ.Ο. ΑΦΑΙΡΕΣΕΩΝ	CORREL		
2669,510	2.600,00	69,510	30,481	-0,26293	2/12/2021	1
2647,765	2.623,00	24,765				2
2613,579	2.588,00	25,579				3
2609,938	2.628,50	18,562				4
2632,913	2.627,00	5,913				5
2613,016	2.626,50	13,484				6
2623,329	2.606,50	16,829				7
2628,135	2.654,00	25,865				8
2664,537	2.628,50	36,037				9
2639,478	2.597,00	42,478				10
2610,729	2.667,00	56,271				11

Πίνακας 4.3: Τιμές αλουμινίου

ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΑΠΟ INVESTING	ΑΦΑΙΡΕΣΗ	Μ.Ο. ΑΦΑΙΡΕΣΕΩΝ	CORREL		
3148,102	3146,000	2,102	120,257	0,809203	2/12/2022	1
3148,159	3161,500	13,341				2
3130,292	3162,500	32,208				3
3067,714	3226,500	158,786				4
3061,038	3310,000	248,962				5
3086,881	3310,000	223,119				6
3104,959	3328,500	223,541				7
3083,997	3325,000	241,003				8
3121,676	3304,500	182,824				9
3203,814	3271,500	67,686				10
3268,077	3422,000	153,923				11
3286,179	3387,000	100,821				12
3408,731	3354,500	54,231				13
3510,902	3427,500	83,402				14
3721,503	3531,500	190,003				15
3657,886	3527,000	130,886				16
3532,863	3519,000	13,863				17
3563,685	3513,000	50,685				18
3463,304	3532,500	69,196				19
3475,597	3534,000	58,403				20
3463,058	3604,000	140,942				21
3442,565	3588,000	145,435				22
3375,527	3550,000	174,473				23
3406,673	3533,000	126,327				24

Πίνακας 4.4: Τιμές ψευδαργύρου

ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΑΠΟ INVESTING	ΑΦΑΙΡΕΣΗ	Μ.Ο. ΑΦΑΙΡΕΣΕΩΝ	CORREL	
20246,911	19953,000	293,911	454,308	0,70797	12/2/2022
20259,475	20030,000	229,475			
20454,364	19820,000	634,364			
20694,405	20189,000	505,405			
20733,281	20230,000	503,281			
20129,076	19875,000	254,076			
20253,689	19746,000	507,689			
20108,694	19711,000	397,694			
20247,881	19485,000	762,881			

Πίνακας 4.5: Τιμές νικελίου (AR)

ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΑΠΟ INVESTING	ΑΦΑΙΡΕΣΗ	Μ.Ο. ΑΦΑΙΡΕΣΕΩΝ	CORREL	
20026,072	19953,000	73,072	1017,406394	0,77415	1
20033,646	20030,000	3,646			2
19650,027	19820,000	169,973			3
19833,779	20189,000	355,221			4
19321,353	20230,000	908,647			5
18202,734	19875,000	1672,266			6
18136,688	19746,000	1609,312			7
17543,150	19711,000	2167,850			8
17288,329	19485,000	2196,671			9

Πίνακας 4.6: Τιμές νικελίου (2/12/2021) (MA)

ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΑΠΟ INVESTING	ΑΦΑΙΡΕΣΗ	Μ.Ο. ΑΦΑΙΡΕΣΕΩΝ	CORREL	
4,259	4,292	0,032	0,111	-0,3047	2/12/2021
4,206	4,261	0,054			
4,157	4,329	0,172			
4,241	4,332	0,091			
4,195	4,384	0,189			
4,197	4,324	0,126			

Πίνακας 4.7: Τιμές χαλκού (AR)

ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΑΠΟ INVESTING	ΑΦΑΙΡΕΣΗ	Μ.Ο. ΑΦΑΙΡΕΣΕΩΝ	CORREL	
4,240	4,292	0,051	0,281634033	-0,7413	2/12/2021
4,184	4,261	0,076			
3,994	4,329	0,335			
4,014	4,332	0,318			
3,933	4,384	0,451			
3,865	4,324	0,458			

Πίνακας 4.8: Τιμές χαλκού (MA)

ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΑΠΟ INVESTING	ΑΦΑΙΡΕΣΗ	Μ.Ο. ΑΦΑΙΡΕΣΕΩΝ	CORREL	
2275,107826	2.256,50	18,6078258	50,74443236	-0,185	2/12/2021
2287,728603	2.210,50	77,228603			
2247,67272	2.196,00	51,6727197			
2229,249539	2.186,00	43,2495394			
2218,384779	2.284,00	65,6152207			
2238,649816	2.284,50	45,850184			
2217,493439	2.284,00	66,5065613			
2231,377421	2.298,00	66,6225787			
2237,636262	2.284,50	46,863738			
2239,723953	2.284,00	44,2760466			
2243,360399	2.308,00	64,6396005			
2260,815043	2.307,50	46,6849568			
2271,639954	2.293,50	21,8600461			

Πίνακας 4.9: Τιμές μόλυβδου (AR)

ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΑΠΟ INVESTING	ΑΦΑΙΡΕΣΗ	Μ.Ο. ΑΦΑΙΡΕΣΕΩΝ	CORREL
2295,567	2.256,50	39,067	164,921	0,76022
2316,034	2.210,50	105,534		
2293,741	2.196,00	97,741		
2282,669	2.186,00	96,669		
2320,872	2.284,00	36,872		
2396,790	2.284,50	112,290		
2423,902	2.284,00	139,902		
2466,645	2.298,00	168,645		
2501,039	2.284,50	216,539		
2524,722	2.284,00	240,722		
2554,009	2.308,00	246,009		
2596,137	2.307,50	288,637		
2648,849	2.293,50	355,349		
2432,383				

Πίνακας 4.10: Τιμές μόλυβδου (2/12/2021) (MA)

ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΑΠΟ INVESTING	ΑΦΑΙΡΕΣΗ	Μ.Ο. ΑΦΑΙΡΕΣΕΩΝ	CORREL		
39012,093	38984,000	28,093	757,469	0,12461	2/12/2021	1
39425,984	39335,000	90,984				2
39124,473	38734,000	390,473				3
39550,781	38935,000	615,781				4
39665,172	39236,000	429,172				5
40281,879	39500,000	781,879				6
40039,883	39400,000	639,883				7
39655,048	38745,000	910,048				8
40041,286	38601,000	1440,286				9
39783,945	37962,000	1821,945				10
39875,610	38692,000	1183,610				11

Πίνακας 4.11: Τιμές κασσίτερου (AR)

ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΑΠΟ INVESTING	ΑΦΑΙΡΕΣΗ	Μ.Ο. ΑΦΑΙΡΕΣΕΩΝ	CORREL		
39261,174	38984,000	73,826	3842,679161	0,81495		1
39493,741	39335,000	759,741				2
39203,534	38734,000	268,534				3
39328,617	38935,000	92,617				4
39139,370	39236,000	360,630				5
39987,197	39500,000	587,197				6
39459,697	39400,000	714,697				7
38118,165	38745,000	482,835				8
38378,408	38601,000	416,408				9
38003,158	37962,000	688,842				10
37824,143	38692,000	37824,143				11

Πίνακας 4.12: Τιμές κασσίτερου (MA)

ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΑΠΟ INVESTING	ΑΦΑΙΡΕΣΗ	Μ.Ο. ΑΦΑΙΡΕΣΕΩΝ	CORREL		
77,658	79,980	2,322	3,986440674	-0,3168	2/12/2021	1
76,223	78,750	2,527				2
78,464	81,650	3,186				3
78,910	85,410	6,500				4
79,112	89,600	10,488				5
78,734	80,600	1,866				6
81,368	83,240	1,872				7
82,420	81,800	0,620				8
82,410	79,950	2,460				9
83,044	80,210	2,834				10
83,812	84,350	0,538				11
86,275	73,650	12,625				12

Πίνακας 4.13: Τιμές διοξειδίου του άνθρακα (AR)

ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΑΠΟ INVESTING	ΑΦΑΙΡΕΣΗ	Μ.Ο. ΑΦΑΙΡΕΣΕΩΝ	CORREL		
76,876	79,980	3,104	6,926868018	0,10884	2/12/2021	1
75,200	78,750	3,550				2
75,566	81,650	6,084				3
75,605	85,410	9,805				4
74,420	89,600	15,180				5
72,943	80,600	7,657				6
75,541	83,240	7,699				7
76,440	81,800	5,360				8
73,197	79,950	6,753				9
73,438	80,210	6,772				10
73,588	84,350	10,762				11
74,048	73,650	0,398				12

Πίνακας 4.14: Τιμές διοξειδίου του άνθρακα (ΜΑ)

Βιβλιογραφία

Bougioukos. (2021). Ανάκτηση από

https://polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/11400/1332/Bougioukos_19018.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Carbon trust. (2008). What is a carbon footprint? Ανάκτηση από

https://web.archive.org/web/20090511102744/http://www.carbontrust.co.uk/solutions/CarbonFootprinting/what_is_a_carbon_footprint.htm

Chemistry, R. S. (2019). Royal Society of Chemistry. Ανάκτηση από Royal Society of Chemistry: <https://www.rsc.org/periodic-table>

Conte, S. D.; de Boor, Carl (1980). (1980). Elementary Numerical Analysis (Third έκδοση).

EconophysicsNotes. (χ.χ.). Μοντέλα χρονοσειρών και πρόβλεψη. Ανάκτηση από

<https://users.auth.gr/dkugiu/Teach/Econophysics/Chp4.pdf>

elval. (-). elval. Ανάκτηση από elval.com: <https://www.elval.com/el/about-aluminium-aluminium-alloys-and-properties>

Fedorov, E. (2021, Οκτωβρίου 13). ING. Ανάκτηση από

<https://think.ing.com/articles/metals-mining-decarbonisation-sector-disclosure>

Fernando, J. (2022, Απριλίου 6). Investopedia . Ανάκτηση από investopedia.com:

<https://www.investopedia.com/terms/a/autoregressive.asp>

Fernando, J. (2023, Μαρτίου 31). Investopedia . Ανάκτηση από investopedia.com:

<https://www.investopedia.com/terms/m/movingaverage.asp>

Frost, J. (2021). Statistics By Jim. Ανάκτηση από statisticsbyjim.com:

<https://statisticsbyjim.com/time-series/autocorrelation-partial-autocorrelation/>

Garret J. Hall, C. A. (2023). ScienceDirect. Ανάκτηση από sciencedirect.com:

<https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/time-series>

GraphPad. (2020). What is the difference between correlation and linear regression?

Ανάκτηση από <https://www.graphpad.com/support/faq/what-is-the-difference-between-correlation-and-linear-regression/>

HAYES, A. (2022, Ιουνίου 4). Investopedia . Ανάκτηση από

<https://www.investopedia.com/terms/b/base-metals.asp>

- HAYES, A. (2022, Ιουνίου 12). Investopedia . Ανάκτηση από investopedia.com:
<https://www.investopedia.com/terms/t/timeseries.asp>
- Iman. (2016). ARMA. Ανάκτηση από youtube.com:
https://www.youtube.com/watch?v=bs9fKzuUXtY&ab_channel=Iman
- Iman. (2016). Concept. Ανάκτηση από youtube.com:
https://www.youtube.com/watch?v=7eb141ajT7c&ab_channel=Iman
- Iman. (2016). Time Series Analysis and Forecast . Ανάκτηση από
ch.mathworks.com:
<https://ch.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/54276-time-series-analysis-and-forecast>
- Iman. (2016). Trend and Seasonality. Ανάκτηση από youtube.com:
https://www.youtube.com/watch?v=roujnW4XbS0&ab_channel=Iman
- Iman. (2016). TSAF (Example 1). Ανάκτηση από youtube.com:
https://www.youtube.com/watch?v=VuCftYyKMnM&ab_channel=Iman
- Iman. (2016). TSAF (Example 2). Ανάκτηση από youtube.com:
https://www.youtube.com/watch?v=nJRRHIIIgDg&ab_channel=Iman
- Iman. (χ.χ.). MathWorks. Ανάκτηση από ch.mathworks.com:
<https://ch.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/54276-time-series-analysis-and-forecast>
- InfluxData. (2022). InfluxData Inc. Ανάκτηση από influxdata.com:
<https://www.influxdata.com/what-is-time-series-data/>
- jewelpedia. (2014, Αυγούστου 8). jewelpedia.com. Ανάκτηση από
<https://www.jewelpedia.com/news-39-2145-i-istoria-ton-metallon.html>
- jewelpedia. (2014, Απριλίου 23). jewelpedia.com. Ανάκτηση από jewelpedia:
<https://www.jewelpedia.com/news-33-2125-ta-kramata-kai-oi-efarmoges-tou-kassiterou.html>
- Ketha, S. (2020, Δεκεμβρίου 21). Medium. Ανάκτηση από medium.com:
<https://medium.com/analytics-vidhya/time-series-forecasting-d611fa8ae6ca>
- LaBarr, A. (2020). What are Autoregressive Models. Ανάκτηση από Youtube:
<https://www.youtube.com/watch?v=Mc6sBAUdDP4>

- LaBarr, A. (2020). What are Moving Average Models. Ανάκτηση από Youtube:
https://www.youtube.com/watch?v=zNLG8tsA_Go&t=121s
- LaBarr, A. (2020). What is Stationarity. Ανάκτηση από
https://www.youtube.com/watch?v=aldTGKjQWjA&ab_channel=AricLaBarr
- larco. (-). larco. Ανάκτηση από <http://www.larco.gr/el.nickel.php>
- Lendave, V. (2022, Φεβρουάριος 6). ANALYTICS INDIA MAGAZINE PVT LTD & AIM MEDIA HOUSE LLC . Ανάκτηση από [analyticsindiamag.com](https://analyticsindiamag.com/what-are-autocorrelation-and-partial-autocorrelation-in-time-series-data/):
<https://analyticsindiamag.com/what-are-autocorrelation-and-partial-autocorrelation-in-time-series-data/>
- Martin Stuermer, N. V. (2021, Ιουνίου 8). International Monetary Fund. Ανάκτηση από [imf.org](https://www.imf.org/en/Blogs/Articles/2021/06/08/four-factors-behind-the-metals-price-rally): <https://www.imf.org/en/Blogs/Articles/2021/06/08/four-factors-behind-the-metals-price-rally>
- Nikolakakis Thomas. (2007). Ανάκτηση από
[file:///E:/DIPLOMATIKH/pdf%20+%20%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CF%82%20%CE%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97/Nikolakakis_Thomas_Dip_2007%20\(1\).pdf](file:///E:/DIPLOMATIKH/pdf%20+%20%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CF%82%20%CE%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97/Nikolakakis_Thomas_Dip_2007%20(1).pdf)
- Nithin. (2021). White Noise In TimeSeries. Ανάκτηση από
<https://www.kaggle.com/code/nithinma/white-noise-in-timeseries>
- oikonomologos.gr . (2023). Συμβόλαιο Μελλοντικής Εκπλήρωσης (Futures contract). Ανάκτηση από <https://euretirio.com/symvolaia-mellontikis-ekplirosis-futures-sme/>
- orykta.gr. (-). Ανάκτηση από <https://www.orykta.gr/istoria/istoria-ellinikis-metalleias/65-arxaioellhnikh-metallotexnia>
- orykta.gr. (-). orykta.gr. Ανάκτηση από <https://www.orykta.gr/istoria/istoria-ellinikis-metalleias/41-proistoria-kai-prwtoistoria>
- Ptable. (-). Ptable. Ανάκτηση από
<https://ptable.com/?lang=el#%CE%99%CE%B4%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B5%CF%82>
- Reh, F. J. (2019, Οκτωβρίου 31). The Balance. Ανάκτηση από [thebalancemoney.com](https://www.thebalancemoney.com/project-management-101-2275338): <https://www.thebalancemoney.com/project-management-101-2275338>

- ritvikmath. (2019). Time Series Talk : White Noise. Ανάκτηση από <https://www.youtube.com/watch?v=cr4zIXAmSRI>
- Rodgers, J. L., & Nicewander, W. A. (2012, Φλεβάρης 27). Thirteen Ways to Look at the Correlation Coefficient. Ανάκτηση από tandfonline.com: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00031305.1988.10475524>
- Science in School. (2011). Διοξείδιο του άνθρακα – βασικές πληροφορίες. Ανάκτηση από https://www.scienceinschool.org/wp-content/uploads/2012/06/issue20_CO2_background_greek.pdf
- SOFTWARE, T. (-). TABLEAU SOFTWARE. Ανάκτηση από tableau.com: <https://www.tableau.com/learn/articles/time-series-analysis#definition>
- StackExchange. (2021, Δεκέμβριος). Ανάκτηση από <https://datascience.stackexchange.com/questions/103622/how-can-we-make-forecasts-from-stationary-data>
- StackExchange. (χ.χ.). What is lag in a time series? Ανάκτηση από <https://math.stackexchange.com/questions/2548314/what-is-lag-in-a-time-series>
- StackExchange. (χ.χ.). What is lag in a time series? Ανάκτηση από <https://math.stackexchange.com/questions/2548314/what-is-lag-in-a-time-series>
- Statistical, J. (χ.χ.). Correlation. Ανάκτηση από https://www.jmp.com/en_no/statistics-knowledge-portal/what-is-correlation.html
- Stoica, P.; Selen, Y. "Model-order selection: a review of information criterion rules", IEEE Signal Processing Magazine. (2004, Ιούλιος). IEEE Signal Processing Magazine. Ανάκτηση από <https://ieeexplore.ieee.org/document/1311138>
- Team, O. γ.-F. (2017, Μάιος Πέμπτη). FARMABLOG. Ανάκτηση από <https://blog.farmacon.gr/katigories/tehniki-arthrografia/kalliergitikes-praktikes/item/1533-apotypoma-anthraka-syrriknoste-to-oso-pio-grigora-boreite>
- Terms, D. B. (-). Define Business Terms. Ανάκτηση από definebusinessterms.com: <https://www.definebusinessterms.com/el/%CE%B7-%CE%B5%CF%80%CE%BF%CF%87%CE%AE-%CF%84%CF%89%CE%BD->

%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%AC%CE%BB%CE%BB%CF%89%CE%BD/

thpanorama.com. (2023). Ανάκτηση από

<https://el.thpanorama.com/articles/qumica/metales-no-ferrosos-estructura-tipos-caractersticas.html>

TIBCO What is a Scatter Chart? (χ.χ.). What is a Scatter Chart? Ανάκτηση από

<https://www.tibco.com/reference-center/what-is-a-scatter-chart>

Titanium, A. (2017, Δεκέμβριος 20). Aone Titanium. Ανάκτηση από Aone Titanium:

<http://gr.aonetantalum.com/news/the-difference-between-ferrous-and-non-ferrous-11016171.html>

Wellmer, S. R. (2019, Αύγουστος 19). SpringerLink. Ανάκτηση από link.springer.com:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s13563-019-00200-8#Sec1>

WorldEconomicForum. (2015, Σεπτεμβρίου 16). World Economic Forum. Ανάκτηση

από weforum.org: <https://www.weforum.org/agenda/2015/09/what-is-affecting-metals-prices/>

Α.Π.Θ., Τ. Χ. (2012). Θέματα Ιστορίας της Χημείας. Ανάκτηση από

http://molwave.chem.auth.gr/chemhistory/name_of_elements/2_1.html

Αγαθάκη Αναστασία. (2020, Απρίλιος). Στάδια Διαμόρφωσης Προβλέψεων.

Ανάκτηση από

https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/12734/Agathaki_1727.pdf?sequence=1

Ανανίας Τσιραμπίδης, Α. Φ. (2011, Οκτωβρίου 25). Ανάκτηση από

https://www.oryktosploutos.net/2011/10/blog-post_25-26/

Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. (χ.χ.). Χρονοσειρές. Ανάκτηση από

<https://users.auth.gr/dkugiu/Teach/DataAnalysis/Chp6.pdf>

Βασιλική, Κ. (2015). FORECASTING METHODS, ANALYSIS AND APPLICATIONS.

Ανάκτηση από

https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/8834/Koustoathanasi_Vasiliki.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ΓΕΩΡΓΙΑ, Π. (2016). ΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ.

Ανάκτηση από

<https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/D474/%CE%A3%CE%B7%>

CE%BC%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/
Business%20Forecasting%202017-18.pdf

Δημήτρης Αντωνίου, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Παν. Πατρών. (χ.χ.). ΜΕΤΑΛΛΑ ΚΑΙ
ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΥΛΙΚΑ. Ανάκτηση από
<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/ARCH405/%CE%94%CE%99%CE%91%CE%9B%CE%95%CE%9E%CE%95%CE%99%CE%A3%20%CE%94%CE%9F%CE%9C%CE%99%CE%9A%CE%A9%CE%9D%20%CE%A5%CE%9B%CE%99%CE%9A%CE%A9%CE%9D/0-N-On-Metals-1.pdf>

Δμήτρης Φάρος. (2023, Φεβρουάριος). energia.gr. Ανάκτηση από
<https://www.energia.gr/article/199631/xeperase-ta-100-eyro-h-timh-ton-dikaiomaton-ekpompon-dioxeidioy-toy-anthraka-sthn-ee>

Θανάσης Βαλαβανίδης, Κ. Ε. (2014, Μαΐος). Ανάκτηση από
http://195.134.76.37/chemicals/chem_carbondioxide.htm

Investing. (-). Investing.com. Ανάκτηση από investing.com:
<https://www.investing.com/commodities/>

ΚΑΓΙΑΦΑ, Μ. (-). ΜΕΤΑΛΛΑ: από πότε, πού, γιατί και πώς. Ανάκτηση από <http://kpe-lavriou.att.sch.gr/>: <http://kpe-lavriou.att.sch.gr/documents/sem13dec13-14kayafa.pdf>

Καθ. Αθανάσιος Λουκάς. (χ.χ.). Ανάκτηση από
https://eclass.uth.gr/modules/document/file.php/CIV_U_310/%CE%98%CE%B5%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1_3_1.pdf

Κουτσοθανάση. (2015). FORECASTING METHODS, ANALYSIS AND APPLICATIONS. Ανάκτηση από
https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/8834/Koustothanasi_Vasiliki.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Κυριαζής, Χ. (χ.χ.). sev.org.gr. Ανάκτηση από Ο ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΟΥ:
<https://www.sev.org.gr/Uploads/pdf/METALLO.pdf>

Κυριακίδης, Μ. (2011). Έλεγχος στασιμότητας χρονοσειράς. Ανάκτηση από
<https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/D474/%CE%A3%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/Business%20Forecasting%202017-18.pdf>

- ΛΟΪΖΟΥ, Ε. (2020, Φεβρουάριος). Ανάκτηση από
https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/52798/thesis3_rev11%209-2%20FINAL_rev-2.pdf?sequence=1
- Μαλουσίδου Αναστασία . (2021). Τα πολύτιμα και βασικά μέταλλα ως επενδυτικές επιλογές. Ανάκτηση από
<file:///E:/DIPLOMATIKH/pdf%20+%20%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CF%82%20%CE%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97/MalousidouAnastasiaMsc2021.pdf>
- ΝΙΚΕΛΙΟ. (-). Ανάκτηση από el.periodic-table.io: <https://el.periodic-table.io/element-28>
- Νικολάου, Ε. Ι. (2007, Νοέμβριος). Ανάκτηση από
<http://artemis.library.tuc.gr/DT2008-0113/DT2008-0113.pdf>
- Πανεπιστήμιο Αιγαίου. (χ.χ.). Ανάκτηση από
<https://eclass.aegean.gr/modules/document/file.php/SAS142/KEF1.pdf>
- Πάνος Λώλος. (2021, Σεπτέμβρης 12). Η δυναμική της ελληνικής μεταλλουργίας. Ανάκτηση από hellenicproduction.org/p-lolos-12-09-2021/#:~:text=Στον%20κλάδο%20της%20μεταλλουργίας%20απασχολούνται%20άμεσα%20περισσότερα%20από,και%20για%20το%20σύνολο%20της%20εθνικής%20μας%20οικονομίας.
- Παντελίδου Μαρία. (2020). Η ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΚΑΙ ΠΩΣ ΕΠΗΡΕΑΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΙΣ ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΚΡΙΣΕΙΣ. Ανάκτηση από
<https://dspace.lib.uom.gr/bitstream/2159/26996/1/PantelidouMariaMsc2020.pdf>
- ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ. (2016). ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ - ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ. Ανάκτηση από
<https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/D474/%CE%A3%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/Business%20Forecasting%202017-18.pdf>
- Πολυτεχνείο, Μονάδα Προβλέψεων & Στρατηγικής - Εθνικό Μετσόβιο. (χ.χ.). Μοντέλα Αυτοπαλινδρόμησης - Autoregressive models- AR(p). Ανάκτηση από

file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/%CE%91%CF%85%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B1%CE%BB%CE%B9%CE%BD%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%AC%20%CE%9C%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%AD%CE%BB%CE%B1%20%CE%9A%CE%B9%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%BF%CF%8D%20%CE%9C%CE%AD%CF%83%CE%BF%CF%85%2

Πρώτο Θέμα . (2022). Αλουμίνιο – βασικός μοχλός για μια κυκλική οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Ανάκτηση από <https://www.protothema.gr/afieromata/green-future/article/1378221/alouminio-kai-halkos-duo-metalla-pou-protagonistoun-gia-ena-pio-viosimo-mellon/>

ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ & ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ. (2013, Νοέμβριος). Ο τομέας του Μετάλλου και η βιομηχανία των Κλάδων Βασικών Μετάλλων, Κατασκευής Μεταλλικών προϊόντων και μηχανημάτων στην Ελλάδα. Ανάκτηση από https://resup.uth.gr/attachments/2013/102-RIS3_METALLO_SBT_hKE_final.pdf

ταχυδρόμος, Ο. (2021). ot.gr. Ανάκτηση από ot.gr: <https://www.ot.gr/2022/06/24/green/klimatiki-allagi/ekpompes-co2-ektinaksi-kata-63-stin-ee-apo-ti-xrisi-energeias-to-2021/>

Τσαούση, Δ. (2018, Μάρτιος). Ανάλυση Χρηματοοικονομικών χρονοσειρών και πρόβλεψη με γραμμικά μοντέλα. Ανάκτηση από <http://ikee.lib.auth.gr/record/297900/files/GRI-2018-21573.pdf>

Φωστηρόπουλος. (χ.χ.). Μεθοδολογία Box - Jenkins. Ανάκτηση από <http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/5502/%CE%91%CE%9D%CE%91%CE%9B%CE%A5%CE%A3%CE%97%20%CE%9A%CE%91%CE%99%20%CE%95%CE%A6%CE%91%CE%A1%CE%9C%CE%9F%CE%93%CE%95%CE%A3%20%CE%A4%CE%97%CE%A3%20%CE%9C%CE%95%CE%98%CE%9F%CE%94%CE%9F%>

Χατζευλογημένος. (2019). ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΣΤΑ ΤΥΧΕΡΑ ΠΑΙΧΝΙΔΙΑ. Ανάκτηση από <https://hellanicus.lib.aegean.gr/bitstream/handle/11610/19647/%CE%A0%CF%84%CF%85%CF%87%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%20%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%20%CE%A7%CE%B1%CF%84%CE%B6%CE%B7%CE%B5%CF%85%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B7%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%BF%CF%82%>

Ψευδάργυρος. (-). Ανάκτηση από http://195.134.76.37/quali/quali_menu.htm:
http://195.134.76.37/quali/quali_C03_Zn.htm