



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»

**«Πρόβλεψη ζήτησης σε μικρομεσαία επιχείρηση εμπορίας
συστημάτων ψύξης, θέρμανσης και κλιματισμού, με έμφαση στην
εποχικότητα των προϊόντων.»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κωνσταντίνος Δ. Πανάγος

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

Αθήνα, Οκτώβριος 2024



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



**Πρόβλεψη ζήτησης σε μικρομεσαία επιχείρηση εμπορίας συστημάτων ψύξης,
θέρμανσης και κλιματισμού, με έμφαση στην εποχικότητα των προϊόντων.**

Κωνσταντίνος Δ. Πανάγος

Επιβλέπων : Βασίλειος Ασημακόπουλος, Επίτιμος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 09/10/2024

.....
Β. Ασημακόπουλος
Ομότιμος Καθηγητής
Ε.Μ.Π.

.....
Ι. Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Δ. Ασκούνης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2024

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»

**Πρόβλεψη ζήτησης σε μικρομεσαία επιχείρηση εμπορίας συστημάτων ψύξης,
θέρμανσης και κλιματισμού, με έμφαση στην εποχικότητα των προϊόντων.**

Κωνσταντίνος Δ. Πανάγος

Κάτοχος μεταπτυχιακού προγράμματος «Τεχνο-Οικονομικά Συστήματα» της σχολής
Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Κωνσταντίνος Δ. Πανάγος, 2024
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διαπανεπιστημιακού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Τεχνο-Οικονομικά Συστήματα». Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση και η ανάλυση των επιχειρηματικών προβλέψεων, που αποτελούν θεμελιώδη διαδικασία για τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων και την διαχείριση των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων. Η εργασία εξετάζει διάφορες μεθόδους πρόβλεψης της ζήτησης, τις προκλήσεις και τους περιορισμούς τους, προσαρμοσμένες πάνω στις ανάγκες μιας μικρομεσαίας ελληνικής επιχείρησης που δραστηριοποιείται στον χώρο του εμπορίου συστημάτων ψύξης, θέρμανσης και κλιματισμού, ενώ δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην εποχικότητα των προϊόντων.

Στο πρώτο και στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζεται η σημασία της πρόβλεψης της μελλοντικής ζήτησης για την επιτυχία μιας σύγχρονης επιχείρησης, καθώς επίσης και ο ρόλο που παίζει στην σωστή διαχείριση του αποθέματος. Στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται αναλυτική παρουσίαση της θεωρίας και των επιστημονικών αρχών που διέπουν την ανάλυση χρονοσειρών, την διαδικασία της αποσύνθεσης και των μεθόδων πρόβλεψης που εφαρμόστηκαν.

Στο τέταρτο και στο πέμπτο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζεται αναλυτικά η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, καθώς και τα αποτελέσματα τη εργασίας.

Τέλος, στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων που εξήχθησαν, ενώ γίνεται επίσης αναφορά στις προεκτάσεις και παρατίθενται διάφορες προτάσεις για μελλοντικές ενέργειες.

Λέξεις κλειδιά : Επιχειρηματικές προβλέψεις, διαχείριση αποθέματος, χρονοσειρές, μέθοδος πρόβλεψης, αποσύνθεση, δείκτης εποχικότητας, τάση, εποχικότητα, τυχαιότητα.

Abstact

This thesis was conducted as part of the Interuniversity Postgraduate Program “Techno-economic Systems”. The aim of the thesis is to investigate and analyze business forecasting methods, which is a fundamental process in the making of strategic decisions and in managing business activities. The thesis examines various demand forecasting methods, their challenges and limitations, tailored to the need of a medium sized Greek enterprise operating in the field of cooling, heating and air-conditioning systems, while emphasizing on the seasonality of the products.

In the first two chapters of this thesis, the importance of forecasting the future demand is presented, as well as it's crucial role in the success of an enterprise and also in the proper inventory management. The third chapter provides a detailed presentation of the theory and scientific principles governing timeseries analysis, the decomposition process and the forecasting methods that has been applied.

In the fourth and fifth chapters, the methodology applied is presented in detail, along with the results. Finally, in the last chapter, an evaluation of the results and conclusions are provided, along with references to extensions and various proposals for future actions.

Key words : Business forecasting, inventory management, timeseries, forecasting method, decomposition, seasonality index, trend, seasonality, randomness.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2023-2024 στα πλαίσια ολοκλήρωσης του Διεπιστημονικού – Διαπανεπιστημιακού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (Δ.Π.Μ.Σ.) «Τεχνο-οικονομικά Συστήματα», που διοργανώνεται και υλοποιείται από την Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και του Τμήματος Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας, της Σχολής Ναυτιλίας και Βιομηχανίας, του Πανεπιστημίου Πειραιά.

Πριν την παρουσίαση και την ανάλυση της μεθοδολογίας και των αποτελεσμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω από καρδιάς τον Ομότιμο Καθηγητή κ. Ασημακόπουλο Βασίλειο για την καθοδήγηση του καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου και για την ευκαιρία που μου έδωσε να εμβαθύνω στον τομέα των Επιχειρηματικών Προβλέψεων, ένα εφόδιο που είμαι σίγουρος ότι θα με βοηθήσει να προοδεύσω στην μετέπειτα επαγγελματική μου πορεία. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές κ. Ψαρρά Ι. και κ. Ασκούνη Δ. για την τιμή που μου έκαναν να συμμετάσχουν στην εξεταστική επιτροπή.

Ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ στον κ. Σπηλιώτη Ευάγγελο, για την πολύτιμη καθοδήγηση του, την βοήθεια και τις συμβουλές που μου έδωσε καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, καθώς χάρη στην εξαιρετική μας συνεργασία ολοκλήρωσα επιτυχώς την εργασία μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως την οικογένειά μου για την υποστήριξη που μου προσφέρουν όλα αυτά τα χρόνια και την ώθηση που μου δίνουν για να εξελίσσομαι και να πετυχαίνω τους στόχους μου.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	6
Abstract.....	7
Ευχαριστίες.....	8
Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή στις επιχειρηματικές προβλέψεις	12
1.1 – Ορισμός και σκοπός των επιχειρηματικών προβλέψεων.....	12
1.2 – Η σημασία της πρόβλεψης της ζήτησης	13
1.3 – Μέθοδοι και τεχνικές πρόβλεψης της ζήτησης.....	14
1.4 – Προκλήσεις και περιορισμοί στην πρόβλεψη της ζήτησης.....	14
Κεφάλαιο 2 – Διαχείριση αποθέματος	16
2.1 – Εισαγωγή στην διαδικασία διαχείρισης αποθέματος.....	16
2.2 – Τύποι αποθέματος.....	17
2.3 Κλασσικές μέθοδοι διαχείρισης αποθέματος.....	17
2.3.1 – Μέθοδος οικονομικής ποσότητας παραγγελίας.....	18
2.3.2 – Ανάλυση ABC	18
2.3.3 – Μέθοδος Just in Time	19
2.4 – Σύγχρονες μέθοδοι και συστήματα διαχείρισης αποθέματος	19
2.4.1 – Συστήματα διαχείρισης επιχειρησιακών πόρων (ERP)	20
2.4.2 – Συστήματα διαχείρισης αποθηκών WMS	20
2.4.3 – Συστήματα προγραμματισμού υλικών (MRP).....	21
2.4.4 – Προβλεπτικές αναλύσεις και τεχνητή νοημοσύνη	21
2.4.5 – Internet of Things και τεχνολογία Blockchain.....	22
2.5 - Εμπορικά πακέτα λογισμικών διαχείρισης αποθέματος.....	22
2.5.1 SAP ERP.....	22
2.5.2 – Oracle Netsuite	23
2.5.3 – Microsoft Dynamics 365.....	23
2.5.4 – Infor Cloudsuite.....	23
2.5.5 – Fishbowl Inventory	24
2.6 – Επιπτώσεις και οφέλη της αποτελεσματικής διαχείρισης.....	24
2.6.1 – Μείωση κόστους.....	24
2.6.2 – Αύξηση παραγωγικότητας	24
2.6.3 – Βελτίωση εξυπηρέτησης.....	25
2.6.4 – Ενίσχυση ανταγωνιστικότητας.....	25
2.6.5 – Στρατηγικά οφέλη.....	26
2.6.6 – Περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις.....	26
2.7 – Διαχείριση αποθέματος στην επιχείρηση που εξετάζεται	26
Κεφάλαιο 3 – Χρονοσειρές και μέθοδοι πρόβλεψης	28

3.1 Η έννοια της χρονοσειράς.....	28
3.2- Ποιοτικά χαρακτηριστικά χρονοσειρών	28
3.3 - Αποσύνθεση χρονοσειράς	32
3.4 - Διαδικασία αποσύνθεσης	34
3.5 - Μέθοδοι πρόβλεψης χρονοσειρών	35
3.5.1 Μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης	36
3.5.2 Μέθοδος ADIDA.....	39
3.6 - Σφάλματα και αξιολόγηση μεθόδων πρόβλεψης.....	40
3.6.1 Σφάλμα πρόβλεψης	41
3.6.2 Μέσο απόλυτο σφάλμα (MAE)	41
3.6.3 Ρίζα μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE)	41
Κεφάλαιο 4 – Μεθοδολογία	42
4.1 Περιγραφή μεθοδολογίας.....	42
4.2 Καθορισμός προβλήματος – Συλλογή δεδομένων	43
4.3 Προετοιμασία χρονοσειρών.....	45
4.4 Επιλογή μεθόδων πρόβλεψης	55
4.5 Εφαρμογή και αξιολόγηση μεθόδων πρόβλεψης.....	56
4.6 Εποχικοποίηση προβλέψεων	57
4.7 Ανάλυση top-down.....	57
Κεφάλαιο 5 – Μελέτη περίπτωσης	59
5.1 Παρουσίαση εταιρίας.....	59
5.2 Παρουσίαση Προϊόντων.....	60
5.3 Παρουσίαση χρονοσειρών.....	62
5.4 Αποτελέσματα προσαρμογής δεδομένων.....	63
5.4.1 Απεικόνιση χρονοσειρών.....	64
5.4.2 Παρουσίαση διαγραμμάτων αποσύνθεσης	69
5.4.3 Παρουσίαση δεικτών εποχικότητας	70
5.4.4 Παρουσίαση αποεποχικοποιημένων χρονοσειρών.....	72
5.4.5 Παρουσίαση στατιστικής ανάλυσης και κατηγοριοποίησης χρονοσειρών	75
5.5 Αποτελέσματα μεθόδων πρόβλεψης	75
5.6 Εποχικοποίηση αποτελεσμάτων	79
5.7 Υπολογισμός σφαλμάτων και επιλογή καταλληλότερης μεθόδου	82
5.8 Παρουσίαση πρόβλεψης πωλήσεων	86
5.9 Σφάλμα τελικής πρόβλεψης	87
5.10 Επιμερισμός με την λογική Top-Down	90
5.11 Σφάλμα πρόβλεψης ανά κωδικό	94

Κεφάλαιο 6 : Συμπεράσματα.....	98
6.1 Σύνοψη	98
6.2 Κριτική αποτελεσμάτων	99
6.3 Προεκτάσεις	101
Βιβλιογραφία.....	103
Κατάλογος εικόνων και σχημάτων	105
Κατάλογος πινάκων.....	107

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή στις επιχειρηματικές προβλέψεις

Στον σύγχρονο κόσμο του επιχειρείν, η λήψη αποφάσεων με βάση τα διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα και ο στρατηγικός και μακροπρόθεσμος σχεδιασμός αποτελούν θεμελιώδη λίθο για την επιτυχία και την βιωσιμότητα των επιχειρήσεων και των οργανισμών. Ένα από τα πιο σημαντικά όπλα στην φαρέτρα των σύγχρονων επιχειρήσεων είναι οι επιχειρηματικές προβλέψεις, δηλαδή η διαδικασία της πρόβλεψης των μελλοντικών επιχειρηματικών συνθηκών και επιδόσεων, οι οποίες τους επιτρέπουν την σωστή προετοιμασία και την όσο το δυνατόν καλύτερη προσαρμογή στις μελλοντικές προκλήσεις και ευκαιρίες που θα συναντήσουν.

Μία από τις σημαντικότερες πτυχές των επιχειρηματικών προβλέψεων είναι η πρόβλεψη της ζήτησης ή διαφορετικά η εκτίμηση των μελλοντικών πωλήσεων μιας επιχείρησης, είτε αυτές περιλαμβάνουν τα προϊόντα όπου μία επιχείρηση εμπορεύεται, είτε τις υπηρεσίες που προσφέρει.

1.1 – Ορισμός και σκοπός των επιχειρηματικών προβλέψεων

Οι επιχειρηματικές προβλέψεις [1] ουσιαστικά αποτελούν ένα σύνολο διαδικασιών και τεχνικών που αποσκοπούν στην πρόβλεψη των μελλοντικών, οικονομικών ή επιχειρηματικών, καταστάσεων μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού. Οι προβλέψεις αυτές είναι ζωτικής σημασίας για την διαχείριση και τον προγραμματισμό των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων με αποτελεσματικό τρόπο, καθώς επιτρέπουν την λήψη ενημερωμένων αποφάσεων και την ανάπτυξη μακροπρόθεσμων στρατηγικών, οι οποίες θα επιτρέψουν σε μία επιχείρηση να ανταπεξέλθει στις συνεχώς μεταβαλλόμενες ανάγκες της αγοράς.

Ο κύριος στόχος των επιχειρηματικών προβλέψεων είναι επί της ουσίας η μείωση της αβεβαιότητας μέσω της βελτιστοποίησης της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Αυτό το σύνολο διαδικασιών και τεχνικών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση μιας πληθώρας παραμέτρων όπως οι πωλήσεις, τα έσοδα ή τα κόστη, οι τάσεις της αγοράς και οι διάφορες αλλαγές στο επιχειρηματικό περιβάλλον. Οι ακριβείς προβλέψεις επιτρέπουν σε μια επιχείρηση ή έναν οργανισμό να προγραμματίσουν τις δραστηριότητές τους με πολύ πιο αποτελεσματικό τρόπο, να διαχειριστούν πιο αποδοτικά τους διαθέσιμους πόρους (οικονομικούς, έμψυχο δυναμικό κλπ) και να είναι πιο ευέλικτες απέναντι στις μελλοντικές προκλήσεις και ευκαιρίες.

1.2 – Η σημασία της πρόβλεψης της ζήτησης

Η πρόβλεψη της ζήτησης ή διαφορετικά των μελλοντικών πωλήσεων μιας επιχείρησης αποτελεί μια εξειδικευμένη μορφή επιχειρηματικής πρόβλεψης η οποία είναι ιδιαιτέρως κρίσιμη για τις κυριότερες επιχειρηματικές λειτουργίες όπως η παραγωγή, η διαχείριση αποθέματος, οι πωλήσεις, το μάρκετινγκ και η εφοδιαστική αλυσίδα.

Η ακριβής πρόβλεψη αρχικώς επιτρέπει στα στελέχη των επιχειρήσεων να προγραμματίσουν την παραγωγή με βάση τις μελλοντικές τους ανάγκες και τις ανάγκες της αγοράς, αποφεύγοντας την δημιουργία υπεραποθέματος ή την έλλειψη προϊόντων και κατ' επέκταση να μειώσουν το κόστος και να αυξήσουν την αποδοτικότητα της παραγωγικής διαδικασίας. Παράλληλα, βοηθάει στην αποτελεσματική διαχείριση των αποθεμάτων μειώνοντας σημαντικά τα κόστη αποθήκευσης.

Όσον αφορά την βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας, η ακριβής πρόβλεψη της ζήτησης είναι πολύ σημαντική. Οι προμηθευτές αλλά και οι συνεργάτες χρειάζονται ακριβείς πληροφορίες, ώστε και οι ίδιοι να προγραμματίσουν σωστά την παραγωγή τους και την αποστολή των προϊόντων. Χάρη στην σωστή ανταλλαγή πληροφοριών είναι εφικτή η αποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας με αποτέλεσμα την μείωση του χρόνου παράδοσης, την μείωση του κόστους και φυσικά την ικανοποίηση των πελατών.

Παράλληλα, η ακριβής πρόβλεψη της ζήτησης, επενεργεί θετικά και στον στρατηγικό σχεδιασμό μιας επιχείρησης επιτρέποντας της να αναπτύξει στρατηγικές μάρκετινγκ και πωλήσεων. Επίσης, επιτρέπει την κατανόηση και αποκρυπτογράφηση των αναγκών της αγοράς, ώστε να γίνεται προσαρμογή των προϊόντων και των υπηρεσιών στις καταναλωτικές ανάγκες, υποστηρίζοντας ουσιαστικά τον στρατηγικό σχεδιασμό, τον εντοπισμό νέων ευκαιριών και την ανάπτυξη μακροπρόθεσμων στρατηγικών ανάπτυξης.

Τέλος, η σωστή πρόβλεψη της ζήτησης βοηθά την κάθε επιχείρηση να διαχειριστεί αποτελεσματικά τους διαθέσιμους οικονομικούς της πόρους, επενεργώντας θετικά στην βέλτιστη διαχείριση των ταμειακών ροών, στην εξασφάλιση επαρκούς κεφαλαίου και στην αποφυγή προβλημάτων ρευστότητας. Με τον τρόπο αυτό επιτρέπει την αποτελεσματική κατανομή των οικονομικών πόρων και σε άλλες επιχειρηματικές λειτουργίες διευκολύνοντας την ανάπτυξη. Φυσικά βοηθά και στην

σωστή διαχείριση του σημαντικότερου πόρου που διαθέτει μία επιχείρηση, του έμψυχου δυναμικού της.

1.3 – Μέθοδοι και τεχνικές πρόβλεψης της ζήτησης

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι και τεχνικές [2] για την πρόβλεψη της μελλοντικής ζήτησης. Η κάθε μία έχει διάφορα πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα. Οι μέθοδοι αυτές χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τις ποιοτικές και τις ποσοτικές.

Οι ποιοτικές μέθοδοι πρόβλεψης της ζήτησης βασίζονται κυρίως σε υποκειμενικές κρίσεις και στην εμπειρία. Χρησιμοποιούνται κυρίως όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα επαρκή ιστορικά δεδομένα ή όταν οι μελλοντικές συνθήκες της αγοράς αναμένεται να διαφέρουν αισθητά από τις παρελθοντικές. Κάποιες από τις κυριότερες ποιοτικές μεθόδους είναι η εκτίμηση ειδικών μελετητών του κλάδου, τα ερωτηματολόγια / έρευνες αγοράς που συλλέγουν πληροφορίες για τις μελλοντικές ανάγκες των καταναλωτών και η μέθοδος Delphi, μια διαδοχική διαδικασία ανάλυσης των απόψεων μιας ομάδας αποφασίζοντων έως ότου προκύψει συναίνεση.

Αντίθετα με τις ποιοτικές, οι ποσοτικές μέθοδοι πρόβλεψης της ζήτησης βασίζονται στην χρήση στατιστικών και μαθηματικών μοντέλων για την ανάλυση των διαθέσιμων ιστορικών δεδομένων και την εκτίμηση των μελλοντικών τάσεων. Οι κυριότερες ποσοτικές μέθοδοι περιλαμβάνουν την ανάλυση χρονοσειρών, τις αιτιακές μεθόδους και τα μοντέλα παλινδρόμησης.

1.4 – Προκλήσεις και περιορισμοί στην πρόβλεψη της ζήτησης

Στις προηγούμενες παραγράφους γίνεται σαφής η σημασία της ακριβούς πρόβλεψης της ζήτησης για μία επιχείρηση και για τον σχεδιασμό των επιχειρηματικών της δραστηριοτήτων. Ωστόσο, υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί [3] που πρέπει να ληφθούν υπόψη, καθώς επίσης και αρκετές προκλήσεις.

Ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι η αβεβαιότητα και το γεγονός πως η πρόβλεψη είναι αβέβαιη, καθώς οι μελλοντικές συνθήκες της αγοράς ή οι προτιμήσεις των καταναλωτών ενδέχεται να αλλάξουν. Η πρόβλεψη της ζήτησης μπορεί εύκολα να επηρεαστεί από εξωτερικούς παράγοντες όπως οι οικονομικές συνθήκες, οι κοινωνικοπολιτικές συνθήκες, οι τεχνολογικές εξελίξεις και πληθώρα άλλων παραγόντων που είναι πρακτικά αδύνατο να προβλεφθούν. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η πανδημία του Covid19 ή η έξαρση του ηλεκτρονικού εμπορίου που άλλαξαν πλήρως τα επιχειρηματικά δεδομένα.

Μία μεγάλη πρόκληση είναι επίσης η διασφάλιση ποιοτικών δεδομένων, καθώς πολλές φορές αυτά μπορεί να είναι ελλιπή, ανακριβή ή μη αντιπροσωπευτικά και να οδηγήσουν σε επιλογή μιας ακατάλληλης μεθόδου πρόβλεψης και κατ' επέκταση σε αναξιόπιστη πρόβλεψη.

Κεφάλαιο 2 – Διαχείριση αποθέματος

2.1 – Εισαγωγή στην διαδικασία διαχείρισης αποθέματος

Η διαδικασία διαχείρισης αποθέματος [4] αποτελεί τον θεμέλιο λίθο για την επιτυχία μιας επιχείρησης, ανεξαρτήτως του κλάδου στον οποίο δραστηριοποιείται και στο οικονομικό της μέγεθος. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τον προγραμματισμό, την υλοποίηση και τον έλεγχο των δραστηριοτήτων, που αφορούν την απόκτηση, την αποθήκευση και την διάθεση των προϊόντων. Στόχος είναι μέσω της βελτιστοποίησης της διαδικασίας, να επέλθει ισορροπία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης, ώστε να εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία της επιχείρησης και η ικανοποίηση των πελατών.

Στο σύγχρονο επιχειρηματικό τοπίο όπου οι απαιτήσεις της αγοράς μεταβάλλονται συνεχώς, η αποτελεσματική διαχείριση αποθέματος αποτελεί παράγοντα ζωτικής σημασίας. Η σωστή διαχείριση σε μία επιχείρηση :

- Μειώνει το κόστος αποθήκευσης και συντήρησης των προϊόντων
- Ελαχιστοποιεί τις απώλειες λόγω φθοράς ή παλαιότητας
- Βελτιώνει την εξυπηρέτηση πελατών
- Ενισχύει την ρευστότητα απελευθερώνοντας δεσμευμένα κεφάλαια

Γίνεται κατανοητό ότι η αποτελεσματική διαχείριση του αποθέματος είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την πρόβλεψη των πωλήσεων. Η ακριβής πρόβλεψη της ζήτησης επιτρέπει σε μία επιχείρηση να προγραμματίζει τις παραγγελίες, να μειώνει το απόθεμα ασφαλείας και ουσιαστικά να αποφεύγει καταστάσεις έλλειψης ή υπεραποθέματος, που μπορεί να οδηγήσουν είτε σε χαμένες πωλήσεις είτε σε αυξημένα κόστη.

Η διαχείριση αποθέματος περιλαμβάνει διάφορες στρατηγικές και τεχνικές [5], οι οποίες εφαρμόζονται ανάλογα τις ανάγκες και τους στόχους της κάθε επιχείρησης, όπως :

- Η Μέθοδος Οικονομικής Ποσότητας Παραγγελίας (EOQ)
- ABC
- Just in Time

Επιπλέον, η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη συστημάτων και λογισμικών όπως τα συστήματα MRP, ERP ή WMS, όπου προσφέρουν

ολοκληρωμένες λύσεις στην παρακολούθηση και διαχείριση του αποθέματος βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα των επιχειρηματικών διαδικασιών.

2.2 – Τύποι αποθέματος

Η διαδικασία της διαχείρισης αποθέματος βασίζεται σε θεμελιώδεις αρχές και συγκεκριμένους στόχους που καθορίζουν την αποτελεσματικότητά της. Αρχικά, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η κατανόηση των διαφορετικών τύπων αποθέματος [6] σε μία επιχείρηση. Υπάρχουν τέσσερις κύριοι τύποι αποθέματος :

- **Λειτουργικό απόθεμα** : Το απόθεμα που χρησιμοποιείται για την κάλυψη των καθημερινών αναγκών της επιχείρησης.
- **Απόθεμα ασφαλείας** : Το απόθεμα που διατηρείται για να αντιμετωπιστούν απρόβλεπτες αυξήσεις στην ζήτηση ή καθυστέρηση στην παράδοση νέου αποθέματος
- **Εποχικό απόθεμα** : Σχετίζεται με τα προϊόντα που εμφανίζουν εποχική ζήτηση
- **Αποθεματικό απόθεμα** : Το απόθεμα που διατηρείται για την εκμετάλλευση ευκαιριών στην αγορά ή για την προστασία της τιμής από πιθανές μελλοντικές αυξήσεις.

2.3 Κλασσικές μέθοδοι διαχείρισης αποθέματος

Στις προηγούμενες παραγράφους γίνεται σαφές πως η σωστή πολιτική διαχείρισης αποθέματος σε μία επιχείρηση είναι ζωτικής σημασίας. Για να επιτύχει μία επιχείρηση την αποτελεσματική διαχείριση του αποθέματός της χρησιμοποιεί διάφορες κλασσικές μεθόδους, οι οποίες έχουν ως στόχο τους να διατηρηθεί ισορροπία ανάμεσα στη διαθεσιμότητα και στο κόστος αποθήκευσης.

Τονίζεται ότι το κόστος αποθήκευσης δεν περιλαμβάνει μόνο το κόστος ενοικίασης – κτήσης αποθήκης και το εργατικό κόστος. Ανάλογα τον τομέα που δραστηριοποιείται η κάθε επιχείρηση υπάρχουν και πολλά άλλα «κρυφά» κόστη όπως το κόστος δημιουργίας ιδανικών συνθηκών. Για παράδειγμα, σε περίπτωση αποθήκευσης κρασιού θα πρέπει στον αποθηκευτικό χώρο να υπάρχει απόλυτος έλεγχος όχι μόνο της θερμοκρασίας, αλλά και της υγρασίας. Για τον σκοπό αυτό απαιτείται η αγορά και η εγκατάσταση κοστοβόρου εξοπλισμού με επίσης αρκετά υψηλό κόστος λειτουργίας. Άλλα κόστη μπορεί να είναι η απαξίωση του εμπορεύματος λόγω

παλαιότητας ή φθορών που μπορεί να επέλθουν, το μεταφορικό κόστος και το κόστος προετοιμασίας μιας παραγγελίας.

Παρακάτω αναλύονται οι τρεις κυριότερες μέθοδοι διαχείρισης αποθέματος.

2.3.1 – Μέθοδος οικονομικής ποσότητας παραγγελίας

Η μέθοδος οικονομικής ποσότητας παραγγελίας, γνωστή και ως EOQ, είναι μία από τις πιο διαδεδομένες και θεμελιώδεις τεχνικές διαχείρισης αποθέματος. Η EOQ βοηθάει στον προσδιορισμό της ιδανικής ποσότητας που ελαχιστοποιεί το κόστος αποθέματος, συμπεριλαμβανομένου του κόστους παραγγελίας και του κόστους αποθήκευσης.

Η EOQ υπολογίζεται ως εξής :

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{H}}$$

Όπου :

D η ετήσια ζήτηση του προϊόντος

S το κόστος ανά παραγγελία

H το ετήσιο κόστος αποθήκευσης ανά μονάδα προϊόντος

Η μέθοδος επιτρέπει την ισορροπία ανάμεσα στις παραγγελίες μεγάλων ποσοτήτων που μειώνουν το κόστος παραγγελίας, αλλά αυξάνουν το κόστος αποθήκευσης και στις παραγγελίες μικρών ποσοτήτων που αυξάνουν την συχνότητα παραγγελίας, αλλά μειώνουν το κόστος αποθήκευσης.

2.3.2 – Ανάλυση ABC

Η μέθοδος ABC βασίζεται στην κατηγοριοποίηση των προϊόντων σε τρεις κατηγορίες, την κατηγορία A, B και C και βασίζεται στην αρχή του Pareto όπου θεωρείται ότι το 80% της αξίας του αποθέματος θα πρέπει να προέρχεται από το 20 % των ειδών.

Πιο αναλυτικά :

Κατηγορία A

Περιλαμβάνει τα είδη υψηλής αξίας που αντιπροσωπεύουν το μικρότερο ποσοστό του συνολικού αποθέματος, αλλά το μεγαλύτερο ποσοστό της οικονομικής αξίας. Τα είδη που περιλαμβάνονται στην κατηγορία απαιτούν στενή παρακολούθηση και αυστηρό έλεγχο στις ποσότητες.

Κατηγορία B

Περιλαμβάνει τα είδη μεσαίας αξίας που αντιπροσωπεύουν ένα μεσαίο ποσοστό του συνολικού αποθέματος και κατ' επέκταση της οικονομικής αξίας.

Κατηγορία C

Περιλαμβάνει τα είδη χαμηλής αξίας που αντιπροσωπεύουν όμως το μεγαλύτερο ποσοστό του συνολικού αποθέματος, αλλά το μικρότερο ποσοστό της συνολικής αξίας.

Η ανάλυση ABC επιτρέπει σε μία επιχείρηση να επικεντρωθεί στα προϊόντα εκείνα που έχουν την μεγαλύτερη αξία και να κατανέμει αποτελεσματικά τους πόρους της.

2.3.3 – Μέθοδος Just in Time

Η μέθοδος Just in Time (JIT) είναι μία τεχνική που στοχεύει στην μείωση του αποθέματος στο ελάχιστο δυνατό επίπεδο, παραλαμβάνοντας τις ποσότητες πρώτων υλών και προϊόντων μόνο όταν αυτά χρειάζονται για την παραγωγή ή την πώληση. Η μέθοδος αυτή, η οποία προϋποθέτει εξαιρετική συνεργασία με τους προμηθευτές και ακριβείς προβλέψεις ζήτησης, προσφέρει διάφορα πλεονεκτήματα όπως :

- Μείωση του κόστους αποθήκευσης
- Μείωση του κόστους λόγω φθοράς ή παλαιότητας
- Μείωση του δεσμευμένου κεφαλαίου

Παρά τα πολλά όμως πλεονεκτήματα, η συγκεκριμένη μέθοδος είναι και ευάλωτη σε διαταραχές της εφοδιαστικής αλυσίδας, καθώς οποιαδήποτε καθυστέρηση στις παραδόσεις επηρεάζει άμεσα την λειτουργία της επιχείρησης.

2.4 – Σύγχρονες μέθοδοι και συστήματα διαχείρισης αποθέματος

Η τεχνολογική πρόοδος [7] έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη και σύγχρονων, πέραν των κλασσικών, μεθόδων διαχείρισης αποθέματος που υπερβαίνουν τις παραδοσιακές προσεγγίσεις. Πλέον στην φαρέτρα των επιχειρήσεων βρίσκονται σύγχρονα εργαλεία όπως τα συστήματα διαχείρισης επιχειρησιακών πόρων (ERP), τα συστήματα διαχείριση αποθηκών (WMS) και τα συστήματα προγραμματισμού υλικών MRP, καθώς επίσης και η τεχνητή νοημοσύνη (AI) για την διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων.

2.4.1 – Συστήματα διαχείρισης επιχειρησιακών πόρων (ERP)

Τα συστήματα διαχείρισης επιχειρησιακών πόρων (ERP) [8] είναι ολοκληρωμένα πληροφοριακά συστήματα που βοηθούν τις επιχειρήσεις να διαχειρίζονται και να αυτοματοποιούν τις καθημερινές τους λειτουργίες. Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν ενότητες που αφορούν την διαχείριση του αποθέματος, τις πωλήσεις, τις χρηματοοικονομικές και λογιστικές λειτουργίες και πληθώρα άλλων επιχειρηματικών διαδικασιών.

Τα συστήματα ERP προσφέρουν σε μία επιχείρηση πάρα πολλά πλεονεκτήματα με κυριότερα :

- **Ολοκληρωμένη διαχείριση :** Τα συστήματα ERP συνδυάζουν δεδομένα από όλες τις επιχειρηματικές λειτουργίες, παρέχοντας ολοκληρωμένη εικόνα του αποθέματος και των πωλήσεων.
- **Αυτοματοποίηση διαδικασιών :** Τα συστήματα ERP αυτοματοποιούν τις καθημερινές διαδικασίες, μειώνοντας τον κίνδυνο ανθρώπινου λάθους και βελτιώνοντας την αποδοτικότητα.
- **Πραγματικός χρόνος πληροφορίας :** Τα συστήματα ERP παρέχουν σε πραγματικό χρόνο δεδομένα και αναλύσεις, βελτιώνοντας την διαδικασία λήψης αποφάσεων.

2.4.2 – Συστήματα διαχείρισης αποθηκών WMS

Τα συστήματα διαχείρισης αποθηκών WMS [9] είναι λογισμικά που ειδικεύονται στη διαχείριση και τον έλεγχο των καθημερινών λειτουργιών μιας αποθήκης. Καθώς συχνά ενσωματώνονται με τα συστήματα ERP, τα συστήματα WMS προσφέρουν εξειδικευμένες λειτουργίες για την αποθήκευση και την κίνηση των προϊόντων. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα χρήσης ενός συστήματος WMS είναι :

- **Βελτιστοποίηση χώρου αποθήκευσης :** Τα συστήματα WMS βοηθούν στην βέλτιστη κατανομή των αποθηκευτικών χώρων, μεγιστοποιώντας την χωρητικότητα της αποθήκης.
- **Παρακολούθηση αποθεμάτων :** Τα συστήματα WMS παρέχουν ακριβή και ενημερωμένα δεδομένα σχετικά με τη θέση και την ποσότητα των αποθεμάτων, διευκολύνοντας την εύρεση και τη διαχείριση τους.
- **Διαχείριση παραγγελιών :** Τα συστήματα WMS βελτιώνουν τη διαδικασία διαχείρισης παραγγελιών, από την παραλαβή μέχρι την αποστολή των

μηχανημάτων, μειώνοντας τους χρόνους και αυξάνοντας την ταχύτητα των παραδόσεων.

2.4.3 – Συστήματα προγραμματισμού υλικών (MRP)

Τα συστήματα προγραμματισμού υλικών MRP [10] είναι εξειδικευμένα συστήματα που βοηθούν τις επιχειρήσεις να προγραμματίζουν την παραγωγή και την παραγγελία υλικών με βάση την προβλεπόμενη ζήτηση. Αν και τα συστήματα MRP είναι συχνά συνδεδεμένα με την παραγωγή μπορούν να είναι εξαιρετικά χρήσιμα και σε εμπορικές επιχειρήσεις που διαχειρίζονται περίπλοκα αποθέματα. Τα πλεονεκτήματα των συστημάτων MRP είναι :

- **Ακριβής προγραμματισμός παραγγελιών** : Τα συστήματα MRP υπολογίζουν πότε πρέπει να γίνουν παραγγελίες υλικών με βάση τις προβλεπόμενες ανάγκες και τα χρονικά περιθώρια παράδοσης.
- **Μείωση αποθεμάτων** : Τα συστήματα MRP, μέσω τους ακριβούς προγραμματισμού, βοηθούν στην μείωση των αποθεμάτων ασφαλείας εξασφαλίζοντας, ότι υπάρχουν επαρκή υλικά διαθέσιμα, χωρίς όμως να υπάρχει υπεραπόθεμα.
- **Βελτιστοποίηση παραγωγής** : Τα συστήματα MRP διευκολύνουν τον συντονισμό μεταξύ της παραγωγής και της διαχείρισης αποθέματος, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα και μειώνοντας τους χρόνους αναμονής.

2.4.4 – Προβλεπτικές αναλύσεις και τεχνητή νοημοσύνη

Η πρόοδος στις προβλεπτικές αναλύσεις και την τεχνητή νοημοσύνη (AI) έχει φέρει επανάσταση στις διαδικασίες διαχείρισης αποθέματος στις σύγχρονες επιχειρήσεις. Οι τεχνολογίες αυτές χρησιμοποιούνται για την ανάλυση μεγάλων όγκων δεδομένων με στόχο την πρόβλεψη μελλοντικών τάσεων και απαιτήσεων. Τα πλεονεκτήματα χρήσης AI και προβλεπτικών αναλύσεων περιλαμβάνουν :

- **Ακριβείς προβλέψεις ζήτησης** : Οι αλγόριθμοι AI μπορούν να αναλύουν ιστορικά δεδομένα πωλήσεων, τάσεις αγοράς και άλλους παράγοντες για να προβλέψουν με ακρίβεια τη μελλοντική ζήτηση.
- **Βελτιστοποίηση αποθεμάτων** : Με βάση τις προβλέψεις οι επιχειρήσεις μπορούν να ρυθμίζουν το επίπεδο των αποθεμάτων τους, ώστε να ικανοποιούν την ζήτηση χωρίς υπερβολικό κόστος αποθήκευσης.

- **Δυναμική αναπλήρωση αποθεμάτων** : Οι προβλεπτικές αναλύσεις επιτρέπουν τη δυναμική και προσαρμοστική αναπλήρωση των αποθεμάτων, βελτιώνοντας την ευελιξία και την αποδοτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας και παρέχοντας ένα αδιάβλητο αρχείο συναλλαγών και κίνησης των αποθεμάτων.

2.4.5 – Internet of Things και τεχνολογία Blockchain

Παράλληλα με τις τεχνικές και τα σύγχρονα εργαλεία που αναφέρονται παραπάνω, τεχνολογίες όπως το Internet of Things (IOT) και το blockchain [7] παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στη σύγχρονη διαχείριση αποθέματος. Τα συστήματα IOT επιτρέπουν την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο με την χρήση αισθητήρων και έξυπνων συσκευών, ενώ η τεχνολογία blockchain ενισχύει την διαφάνεια και την ασφάλεια σε μία εφοδιαστική αλυσίδα.

2.5 - Εμπορικά πακέτα λογισμικών διαχείρισης αποθέματος

Στην αγορά υπάρχει πληθώρα διαθέσιμων εμπορικών πακέτων διαχείρισης αποθέματος που προσφέρουν εξειδικευμένες λύσεις για κάθε επιχείρηση. Τα κυριότερα εμπορικά πακέτα είναι τα SAP ERP, Oracle Netsuite, Microsoft Dynamics 365, Infor Cloudsuite και το Fishbowl Inventory.

2.5.1 SAP ERP

Η SAP, ένας από τους μεγαλύτερους προμηθευτές λογισμικού παγκοσμίως, προσφέρει το SAP ERP το οποίο θεωρείται το δημοφιλέστερο λογισμικό στην αγορά. Προσφέρει ένα ευρύ φάσμα δυνατοτήτων και καλύπτει όλες τις πτυχές της διαχείρισης αποθέματος. Το SAP ERP έχει τη δυνατότητα να ενσωματώνεται εύκολα με άλλα συστήματα και να παρέχει μια ολοκληρωμένη κεντρική πλατφόρμα διαχείρισης, ενώ μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες της κάθε επιχείρησης και να παρέχει εξειδικευμένες λύσεις.

Το SAP ERP υποστηρίζει επίσης αυτοματοποιημένες διαδικασίες για την παρακολούθηση του αποθέματος και την αναπλήρωση αυτού, μειώνοντας την πιθανότητα ανθρώπινου λάθους. Παράλληλα, προσφέρει εξελιγμένες δυνατότητες αναφορών και αναλύσεων που βοηθούν στην λήψη αποφάσεων.

2.5.2 – Oracle Netsuite

Το Oracle Netsuite είναι ένα πλήρες σύστημα ERP το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως από επιχειρήσεις μεσαίου και μεγάλου μεγέθους. Είναι cloud based λογισμικό και προσφέρει στον χρήστη πρόσβαση σε πραγματικό χρόνο από οπουδήποτε. Όπως και το SAP ERP έχει την δυνατότητα να ενσωματώνεται εύκολα σε άλλα συστήματα της αγοράς και να προσαρμόζεται στις ανάγκες της κάθε επιχείρησης.

Πρόσθετα, το Oracle Netsuite, φέρει ενσωματωμένες δυνατότητες προβλεπτικών αναλύσεων οι οποίες βελτιστοποιούν την διαδικασία διαχείρισης αποθέματος και έχει την δυνατότητα να υποστηρίξει διεθνείς συναλλαγές καθιστώντας το ιδανική επιλογή για επιχειρήσεις παγκόσμιας εμβέλειας.

2.5.3 – Microsoft Dynamics 365

Το Microsoft Dynamics 365 είναι μία πλατφόρμα η οποία ενσωματώνει υπηρεσίες ERP και CRM. Η ενσωμάτωση με όλα τα προϊόντα της Microsoft διευκολύνει την υιοθέτηση και την χρήση του συστήματος, το οποίο μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες κάθε επιχείρησης. Παράλληλα, ενσωματώνει ισχυρά εργαλεία ανάλυσης και αναφορών για την υποβοήθηση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων.

Τα πλεονεκτήματα του Microsoft Dynamics 365, μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν ένα πολύ φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον εργασίας αυξάνοντας την αποδοτικότητα και μειώνοντας τον χρόνο εκπαίδευσης, καθώς επίσης προσφέρει και διάφορες επιλογές υλοποίησης (cloud, on-premise ή hybrid) αναλόγως τις ανάγκες της κάθε επιχείρησης.

2.5.4 – Infor Cloudsuite

Το Infor Clousuite είναι ένα cloud based σύστημα ERP που απευθύνεται σε κάθε επιχείρηση, ανεξαρτήτως του κλάδου στον οποίο δραστηριοποιείται. Πέραν των εξειδικευμένων λύσεων που μπορεί να προσφέρει, καθώς μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες κάθε επιχείρησης, παρέχει επίσης υψηλά επίπεδα ασφαλείας και προστασίας των προσωπικών δεδομένων.

Το Infor Cloudsuite είναι επίσης ένα λογισμικό ιδιαίτερα φιλικό προς τον χρήστη μειώνοντας την πολυπλοκότητα και αυξάνοντας την παραγωγικότητα. Τέλος, παρέχει πολλά εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων.

2.5.5 – Fishbowl Inventory

Το Fishbowl Inventory είναι ένα σύστημα διαχείρισης αποθέματος προσαρμοσμένο στις ανάγκες μικρομεσαίων επιχειρήσεων και διαθέτει πολύ φιλικό περιβάλλον εργασίας. Το βασικό πλεονέκτημα του Fishbowl Inventory είναι η δυνατότητα εύκολης ενσωμάτωσης σε όλα τα δημοφιλή λογιστικά συστήματα, διευκολύνοντας την διαχείριση των οικονομικών και του αποθέματος.

Επίσης, παρέχει δυνατότητα ακριβής παρακολούθησης του αποθέματος, καθώς και δυνατότητες αναπλήρωσης αυτού και ουσιαστικά βελτιώνει την διαδικασία διαχείρισης αποθέματος, από την εισαγωγή στην αποθήκη έως και την παράδοση.

2.6 – Επιπτώσεις και οφέλη της αποτελεσματικής διαχείρισης

Η αποτελεσματική διαχείριση αποθέματος είναι ζωτικής σημασίας [11] για την επιτυχία και την βιωσιμότητα μιας επιχείρησης, είτε αυτή αφορά την διαχείριση πρώτων υλών απαραίτητων για την παραγωγική διαδικασία, είτε αφορά εμπόρευμα για την εμπορική διαδικασία. Τα οφέλη και οι επιπτώσεις από την εφαρμογή κλασσικών μεθόδων διαχείρισης αποθέματος και τεχνολογικών εργαλείων είναι ποικίλα και ιδιαίτερα σημαντικά, όχι μόνο σε επιχειρησιακό, αλλά και σε στρατηγικό επίπεδο.

2.6.1 – Μείωση κόστους

Ένα από τα κυριότερα πλεονεκτήματα της αποτελεσματικής διαχείρισης του αποθέματος είναι η μείωση του κόστους λειτουργίας της επιχείρησης, η οποία επιτυγχάνεται ως εξής :

- **Μείωση κόστους αποθήκευσης** : Η μείωση των αποθεμάτων περιορίζει τις ανάγκες αποθήκευσης και όλες τις σχετικές δαπάνες.
- **Μείωση κόστους παραγγελιών** : Η ακριβής πρόβλεψη της ζήτησης και η σωστή τοποθέτηση παραγγελιών μειώνει το κόστος παραγγελίας.
- **Μείωση δεσμευμένου κεφαλαίου** : Η αποτελεσματική διαχείριση συμβάλει στην μείωση του αποθέματος και ως εκ τούτου στην μείωση του δεσμευμένου κεφαλαίου της επιχείρησης.

2.6.2 – Αύξηση παραγωγικότητας

Ένα εξίσου σημαντικό πλεονέκτημα της αποτελεσματικής διαχείρισης αποθέματος και ειδικά της εφαρμογής πληροφοριακών συστημάτων διαχείρισης αποθέματος είναι η

αύξηση της παραγωγικότητας και της αποτελεσματικότητας μιας επιχείρησης. Αυτή επιτυγχάνεται ως εξής :

- **Αυτοματοποίηση διαδικασιών :** Η αυτοματοποίηση των διαδικασιών μέσω πληροφοριακών συστημάτων συμβάλει μείωση του χρόνου εργασίας των εργαζομένων, επιτρέποντας τους να εστιάσουν σε άλλες δραστηριότητες.
- **Βελτιστοποίηση διαδικασιών :** Η χρήση πληροφοριακών συστημάτων επιτρέπει την βελτιστοποίηση των διαδικασιών, μειώνοντας τον χρόνο και αυξάνοντας την παραγωγικότητα.
- **Ακριβής παρακολούθηση αποθεμάτων :** Τα σύγχρονα συστήματα βελτιώνουν την διαδικασία διαχείρισης και παρακολούθησης των αποθεμάτων μειώνοντας τα ανθρώπινα λάθη.

2.6.3 – Βελτίωση εξυπηρέτησης

Η σωστή και αποτελεσματική διαχείριση του αποθέματος συμβάλει στην αύξηση της εξυπηρέτησης και κατ' επέκταση της ικανοποίησης των πελατών, ως εξής :

- **Μείωση χρόνου παράδοσης :** Η βελτιστοποίηση της διαδικασίας διαχείρισης αποθέματος εξασφαλίζει την διαθεσιμότητα των εμπορευμάτων όταν χρειάζονται, μειώνοντας τον χρόνο παράδοσης και αυξάνοντας την αξιοπιστία της επιχείρησης.
- **Ευέλικτη αντιμετώπιση της ζήτησης :** Η αποτελεσματική διαχείριση επιτρέπει στις επιχειρήσεις να προσαρμόζονται γρήγορα στις απαιτήσεις των πελατών.

2.6.4 – Ενίσχυση ανταγωνιστικότητας

Η σωστή και αποτελεσματική διαχείριση του αποθέματος ενισχύει την ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων με τους εξής τρόπους :

- **Βελτιστοποίηση κόστους :** Η μείωση του λειτουργικού κόστους και του κόστους αποθέματος επιτρέπει στις επιχειρήσεις να προσφέρουν πιο ανταγωνιστικές τιμές αυξάνοντας την ελκυστικότητά τους.
- **Γρήγορη προσαρμογή στην αγορά :** Η ενσωμάτωση σύγχρονων και καινοτόμων τεχνολογιών επιτρέπει στις επιχειρήσεις να προσαρμόζονται γρήγορα στις μεταβαλλόμενες συνθήκες της αγοράς.

- **Αύξηση ποιότητας υπηρεσιών :** Η βελτίωση της εξυπηρέτησης και η αύξηση της διαθεσιμότητας των προϊόντων ενισχύουν την αξιοπιστία μιας επιχείρησης, προσφέροντάς της σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των ανταγωνιστών της.

2.6.5 – Στρατηγικά οφέλη

Η σωστή και αποτελεσματική διαχείριση του αποθέματος, πέρα από την βελτιστοποίηση των καθημερινών λειτουργιών μίας επιχείρησης, προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα και στον μακροπρόθεσμο στρατηγικό σχεδιασμό, όπως :

- **Βελτίωση ρευστότητας :** Η βελτιστοποίηση της διαδικασίας διαχείρισης αποθέματος μειώνει το ύψος των αποθεμάτων και απελευθερώνει κεφάλαια τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άλλους σκοπούς όπως η διαφήμιση.
- **Ανάλυση δεδομένων και στρατηγικός σχεδιασμός :** Τα σύγχρονα συστήματα διαχείρισης αποθέματος προσφέρουν πολύτιμες αναλύσεις που βοηθούν στην λήψη αποφάσεων και στην χάραξη της μακροπρόθεσμης στρατηγικής μίας επιχείρησης.

2.6.6 – Περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις

Πέραν όλων των ανωτέρω, η σωστή και αποτελεσματική διαχείριση του αποθέματος φέρει πολλαπλά οφέλη και στο εξωτερικό περιβάλλον της επιχείρησης, έχοντας πολύ σημαντικές περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις :

- **Μείωση σπατάλης :** Η αποτελεσματική διαχείριση μειώνει τις σπατάλες και επιδρά θετικά στην προστασία του περιβάλλοντος.
- **Βιωσιμότητα και κοινωνική ευθύνη :** Η εφαρμογή βιώσιμων πρακτικών και η αύξηση της αποτελεσματικότητας επιτρέπουν σε μία επιχείρηση να επενδύσει σε κοινωνικά προγράμματα, ενισχύοντας την κοινωνική ευθύνη.

2.7 – Διαχείριση αποθέματος στην επιχείρηση που εξετάζεται

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας εξετάζεται το παράδειγμα ελληνικής επιχείρησης που δραστηριοποιείται στο εμπόριο συστημάτων ψύξης, θέρμανσης και κλιματισμού. Η επιχείρηση για την εκτέλεση των καθημερινών επιχειρησιακών λειτουργιών της χρησιμοποιεί το σύστημα διαχείρισης

επιχειρησιακών πόρων (ERP) Softone. Μέσω του προγράμματος η εταιρεία είναι σε θέση να καταχωρεί και να παρακολουθεί καθημερινά τις παραγγελίες των πελατών της, τα οικονομικά της στοιχεία, καθώς επίσης και να διαχειρίζεται το απόθεμά της, ελέγχοντας το σε πραγματικό χρόνο. Παράλληλα, πρόκειται να εγκαταστήσει και σύστημα WMS το οποίο θα είναι πλήρως συμβατό με το Softone.

Η επιχείρηση δεν εφαρμόζει κάποια συγκεκριμένη τεχνική, ούτε χρησιμοποιεί κάποιο εμπορικό πακέτο για την διαχείριση του αποθέματός της. Η διαχείριση γίνεται εφαρμόζοντας εμπειρικές μεθόδους με βάση τα διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα πωλήσεων. Στα πλαίσια της εργασίας θα εξεταστούν οι πέντε κυριότερες εμπορικές κατηγορίες οι οποίες αποτελούν το μεγαλύτερο κομμάτι του αποθέματος. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι λέβητες φυσικού αερίου, οι αντλίες θερμότητας αέρος-νερού, οι αντλίες θερμότητας αέρος-αέρος, οι τοπικές κλιματιστικές μονάδες και τα θερμαντικά σώματα.

Σχετικά με τον τρόπο παραγγελίας σημειώνονται τα εξής :

- **Λέβητες φυσικού αερίου** : Η επιχείρηση προμηθεύεται λέβητες φυσικού αερίου από γερμανική πολυεθνική εταιρεία η οποία διαθέτει παράρτημα και κεντρικές αποθήκες στην Ελλάδα. Η παραλαβή του εμπορεύματος συνήθως γίνεται εντός 2 εργάσιμων ημερών από την παραγγελία με εταιρεία logistics που συνεργάζεται ο προμηθευτής.
- **Θερμαντικά σώματα** : Η επιχείρηση προμηθεύεται θερμαντικά σώματα από κατασκευάστρια γερμανική εταιρεία η οποία δεν διαθέτει παράρτημα στην ελληνική αγορά. Λόγω υψηλού μεταφορικού κόστους, η εταιρία παραγγέλλει μεγάλη ποσότητα θερμαντικών σωμάτων και διατηρεί υψηλό απόθεμα στις αποθήκες της. Σε περίπτωση νέας παραγγελίας, ο χρόνος παράδοσης ανέρχεται στους δύο μήνες. Για την μεταφορά των προϊόντων, η επιχείρηση χρησιμοποιεί συνεργαζόμενη εταιρεία logistics.
- **Αντλίες θερμότητας, τοπικές κλιματιστικές μονάδες** : Η επιχείρηση προμηθεύεται αντλίες θερμότητας και τοπικές κλιματιστικές μονάδες από κατασκευάστρια Ιταλική εταιρεία. Η παραλαβή των προϊόντων γίνεται με εβδομαδιαία συχνότητα χρησιμοποιώντας συνεργαζόμενη εταιρεία logistics, ενώ γίνεται προσπάθεια διατήρησης φυσικού υψηλού αποθέματος για την άμεση εξυπηρέτηση της καθημερινής ζήτησης.

Κεφάλαιο 3 – Χρονοσειρές και μέθοδοι πρόβλεψης

3.1 Η έννοια της χρονοσειράς

Στο κεφάλαιο 1 έγινε σαφής αναφορά της σημασίας που έχει η πρόβλεψη της ζήτησης και των μελλοντικών πωλήσεων για μία επιχείρηση και πως μπορεί μέσω αυτής της διαδικασίας η ίδια να αποκτήσει σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των ανταγωνιστών της. Η παραγωγή προβλέψεων [12] βασίζεται ουσιαστικά στα παρελθοντικά δεδομένα και στην εφαρμογή διαφόρων μεθόδων, στατιστικών ή άλλων, πάνω σε αυτά. Τα παρελθοντικά αυτά δεδομένα που αποτελούν ένα σύνολο διαδοχικών παρατηρήσεων της τιμής κάποιου φυσικού ή άλλου μεγέθους, ονομάζονται χρονοσειρές. Οι παρατηρήσεις δίνονται με σταθερό χρονικό βήμα (συχνότητα) όπως πχ ημερήσια, μηνιαία, τριμηνιαία, ετήσια κ.ο.κ.

Στις επιχειρηματικές προβλέψεις, τα δεδομένα αυτά μπορεί να είναι η ζήτηση (πωλήσεις) ενός προϊόντος ή μίας υπηρεσίας, η κατανομή της ζήτησης, η επίδραση μιας προωθητικής ενέργειας ή της διαφήμισης στις πωλήσεις, η πορεία των χρηματοοικονομικών αγορών κλπ.

Οι χρονοσειρές, πέρα από τα δεδομένα από τα οποία απαρτίζονται, περιέχουν επίσης πολύ σημαντικές πληροφορίες τις οποίες εκφράζουμε με τον όρο «ποιοτικά χαρακτηριστικά χρονοσειρών».

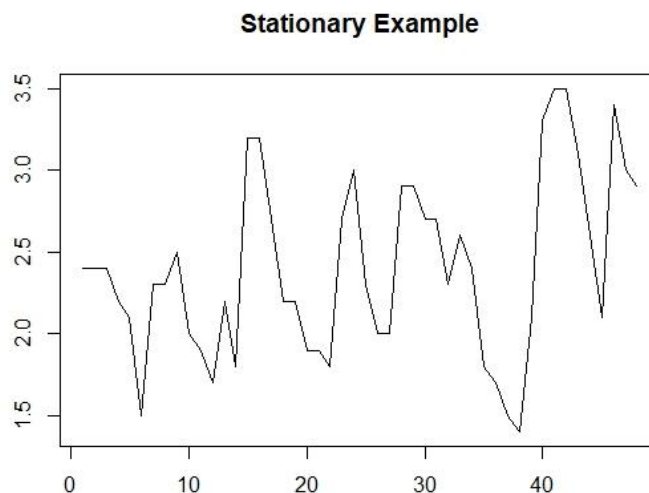
3.2- Ποιοτικά χαρακτηριστικά χρονοσειρών

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά μιας χρονοσειράς [12] περιλαμβάνουν πτυχές που δεν μπορούν να μετρηθούν αριθμητικά, αλλά είναι σημαντικά για την πλήρη κατανόηση της. Αυτά τα χαρακτηριστικά παρέχουν πληροφορίες σχετικά με το περιεχόμενο και τις πιθανές επιρροές που ενδέχεται να επηρεάζουν τις παρατηρήσεις στο χρόνο.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των χρονοσειρών είναι :

1. Στασιμότητα (Stationarity)

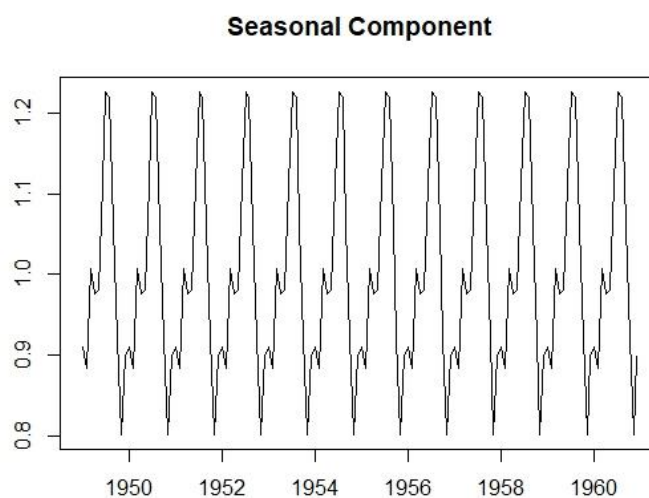
Η στασιμότητα αφορά το εάν η χρονοσειρά [13] διατηρεί σταθερά στατιστικά χαρακτηριστικά, όπως η μέση τιμή και η διακύμανση, καθ' όλο το χρονικό διάστημα παρατήρησης. Η στασιμότητα είναι σημαντική για την αξιοπιστία των μοντέλων πρόβλεψης, καθώς κάποια μοντέλα ενδέχεται να προσφέρουν καλύτερα αποτελέσματα όταν εφαρμόζονται σε στάσιμες χρονοσειρές.



Εικόνα 3.1: Παράδειγμα στάσιμης χρονοσειράς

2. Εποχικότητα (Seasonality)

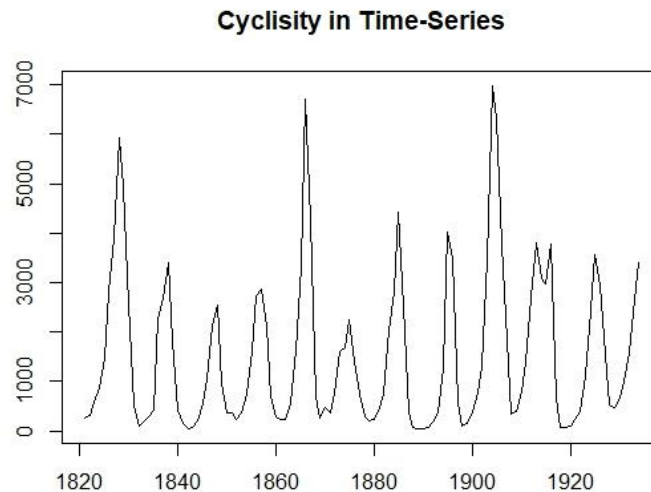
Η εποχικότητα [13] αναφέρεται στην τακτική επανάληψη μοτίβων ή συμπεριφορών στις παρατηρήσεις σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα όπως ανά ημέρα, εβδομάδα, μήνα κλπ. Συχνά εκφράζεται με επαναλαμβανόμενες αυξήσεις ή μειώσεις των τιμών των παρατηρήσεων. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να αντιμετωπιστεί ο εποχιακός παράγοντας σε μία χρονοσειρά, καθώς μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένες προβλέψεις.



Εικόνα 3.2: Παράδειγμα εποχιακού παράγοντα χρονοσειράς

3. Κυκλικότητα (Cyclicity)

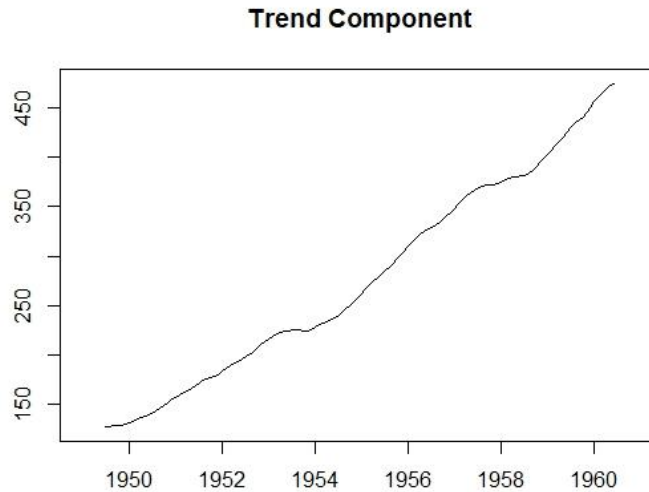
Η κυκλικότητα [13] αναφέρεται στην ύπαρξη περιοδικών κυκλικών προτύπων στις παρατηρήσεις μιας χρονοσειράς, που δεν είναι ακριβώς επαναλαμβανόμενα σε σταθερά χρονικά διαστήματα. Η αναγνώριση της κυκλικότητας είναι σημαντική για την κατανόηση μακροπρόθεσμων πολυετών τάσεων ή ανακυκλικών μοτίβων στις παρατηρήσεις.



Εικόνα 3.3: Παράδειγμα κυκλικότητας χρονοσειράς

4. Τάση (Trend)

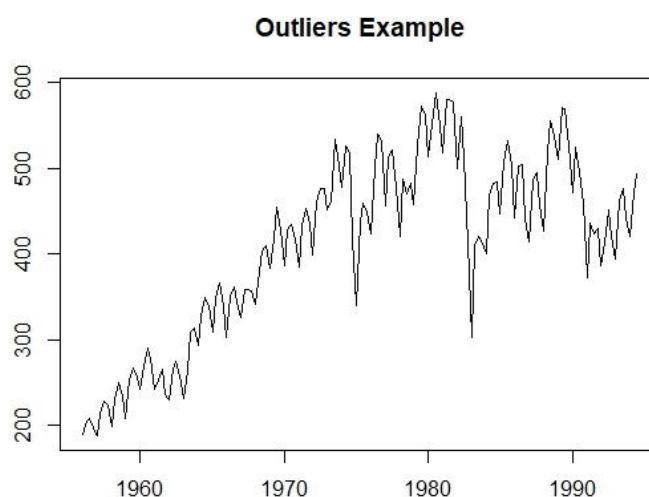
Η τάση [13] αντιπροσωπεύει την μακροπρόθεσμη αύξηση ή μείωση των τιμών των παρατηρήσεων μιας χρονοσειράς. Μπορεί να είναι ανοδική, καθοδική ή σταθερή. Είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη, καθώς διαφορετικά δεν λαμβάνεται υπόψη η μακροπρόθεσμη εξέλιξη της χρονοσειράς.



Εικόνα 3.4: Παράδειγμα συνιστώσας τάσης χρονοσειράς

5. Ασυνήθιστες τιμές (Outliers) ή Αλλαγές επιπέδου (Level shifts)

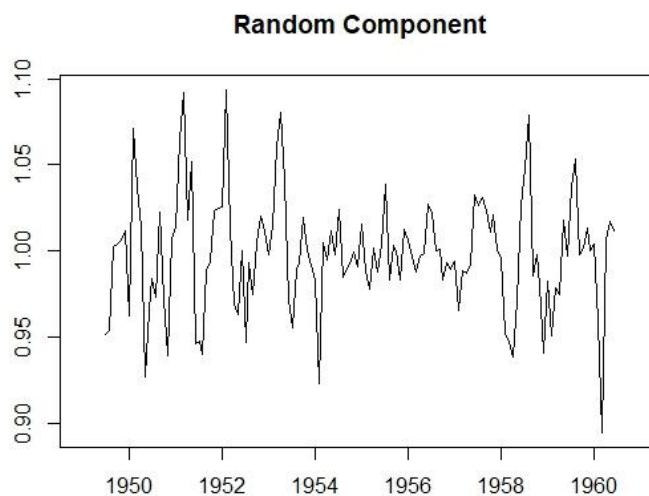
Οι ασυνήθιστες τιμές και οι αλλαγές επιπέδου [13] αναφέρονται σε αιφνίδιες και σημαντικές αλλαγές στην χρονοσειρά που συχνά επηρεάζουν την μέση τιμή των παρατηρήσεων. Αυτές οι αλλαγές μπορεί να οφείλονται σε διάφορους παράγοντες όπως σε πολιτικές αποφάσεις, φυσικές καταστροφές, προωθητικές ενέργειες κλπ. Οι αλλαγές αυτές μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά την ανάλυση και το αποτέλεσμα των μεθόδων πρόβλεψης και θα πρέπει είτε να αντιμετωπίζονται είτε να χρησιμοποιούνται κατάλληλα μοντέλα που λαμβάνουν υπόψη τις ασυνήθιστες τιμές.



Εικόνα 3.5: Παράδειγμα ακραίων τιμών χρονοσειράς

6. Τυχαιότητα (Randomness)

Η τυχαιότητα [13] αναφέρεται στην απρόβλεπτη ή μη συστηματική διακύμανση των παρατηρήσεων και είναι αδύνατον να προβλεφθεί με ακρίβεια, ενώ καθιστά δύσκολο τον εντοπισμό τάσεων και μοτίβων, καθώς οι παρατηρήσεις μπορεί να φαίνονται χωρίς συγκεκριμένη δομή. Η αντιμετώπιση της τυχαιότητας συχνά περιλαμβάνει την χρήση στατιστικών μεθόδων για την απομάκρυνση του «θορύβου» ή την εφαρμογή μοντέλων που μπορούν να λαμβάνουν υπόψη την τυχαιότητα και να παράγουν πιο ακριβείς προβλέψεις.



Εικόνα 3.6: Παράδειγμα τυχαιότητας χρονοσειράς

Αναγνωρίζοντας και κατανοώντας τα παραπάνω ποιοτικά χαρακτηριστικά, είναι δυνατόν να βελτιωθεί η απόδοση των μεθόδων πρόβλεψης για μία χρονοσειρά, καθώς προσφέρουν σημαντική επιπλέον πληροφορία πέρα από τα απλά αριθμητικά δεδομένα. Η αναγνώριση των βασικότερων ποιοτικών χαρακτηριστικών μιας χρονοσειράς γίνεται με την μέθοδο της αποσύνθεσης (decomposition).

3.3 - Αποσύνθεση χρονοσειράς

Η αποσύνθεση μιας χρονοσειράς [13] είναι μία μαθηματική διαδικασία η οποία αποσκοπεί στην απομόνωση των βασικότερων συνιστωσών της, δηλαδή της τάσης, της εποχικότητας, της κυκλικότητας και της τυχαιότητας. Εάν κάποιος θα ήθελε να διατυπώσει μία χρονοσειρά με μαθηματικούς όρους, θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει την παρακάτω διατύπωση :

$$Y_t = f(S_t, T_t, C_t, R_t)$$

Όπου :

Y_t : μία παρατήρηση την χρονική στιγμή t

S_t : συνιστώσα εποχικότητας

T_t : συνιστώσα τάσης

C_t : συνιστώσα κυκλικότητας

R_t : συνιστώσα τυχειότητας

Η αποσύνθεση μπορεί να εκφραστεί με δύο μορφές (μοντέλα), αναλόγως την μορφή των δεδομένων. Με το αθροιστικό (additive) μοντέλο, το οποίο χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν μηδενικές τιμές στα δεδομένα ή το πολλαπλασιαστικό (multiplicative) μοντέλο. Τα δύο μοντέλα, μαθηματικά εκφράζονται ως εξής :

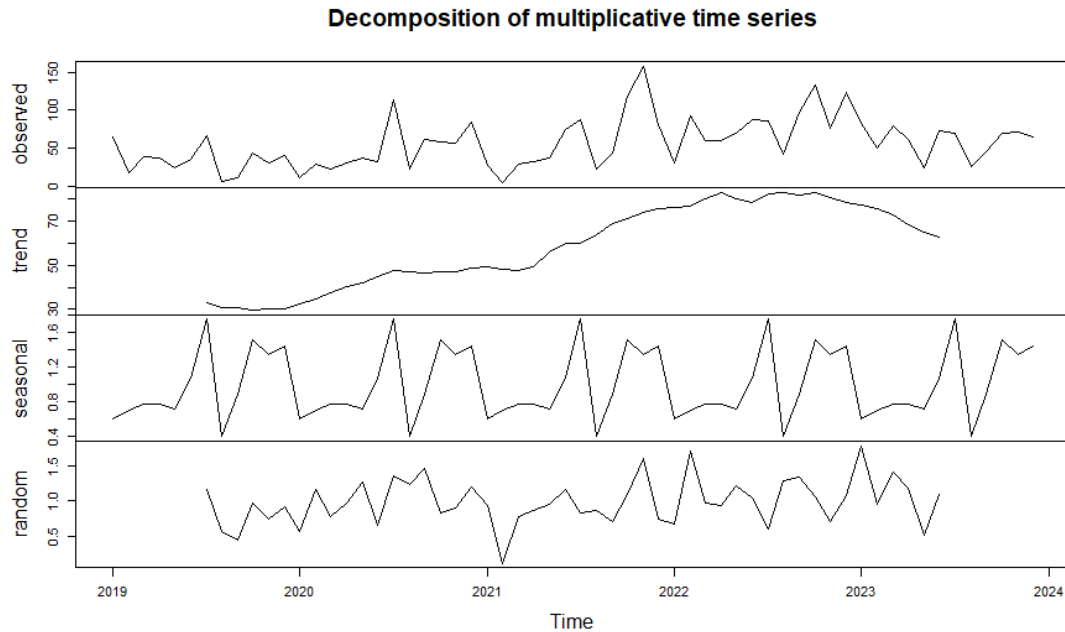
Προσθετικό μοντέλο

$$Y_t = S_t + T_t + C_t + R_t$$

Πολλαπλασιαστικό μοντέλο

$$Y_t = S_t \times T_t \times C_t \times R_t$$

Έχοντας απομονώσει την κάθε συνιστώσα μιας οποιαδήποτε χρονοσειράς, μπορεί να δημιουργηθεί το διάγραμμα της αποσύνθεσης όπου απεικονίζει την κάθε συνιστώσα :



Εικόνα 3.7: Παράδειγμα γραφήματος αποσύνθεσης χρονοσειράς

3.4 - Διαδικασία αποσύνθεσης

Η διαδικασία της αποσύνθεσης μιας χρονοσειράς, για την απομόνωση των τεσσάρων βασικών συνιστωσών, αποτελείται από έξι (6) βήματα. Στο πρώτο βήμα, γίνεται υπολογισμός ενός κινητού μέσου όρου ο οποίος βασίζεται στην συχνότητα των δεδομένων. Για μηνιαία δεδομένα που θα εξεταστούν στα πλαίσια της εργασίας, το μήκος του κινητού μέσου όρου θα είναι δώδεκα (12). Με τον τρόπο αυτό ο υπολογιζόμενος κινητός μέσος όρος είναι απαλλαγμένος από την εποχικότητα, ενώ περιέχει και πολύ μικρή ή μηδενική τυχαιότητα. Ουσιαστικά οι τιμές των κινητών μέσων όρων που υπολογίζονται είναι εξομαλυμένες και δίνουν μια καλή εκτίμηση της χρονοσειράς όσον αφορά την τάση και την κυκλικότητα. Θα μπορούσε κάποιος λοιπόν να θεωρήσει ότι :

$$KMO(n) = T \times C$$

Όπου :

$KMO(n)$: Κινητός μέσος όρος n περιόδων

Το δεύτερο βήμα της διαδικασίας αποσύνθεσης είναι η διαίρεση των πραγματικών δεδομένων με τις αντίστοιχες τιμές των κινητών μέσων όρων. Προκύπτουν με τον τρόπο αυτό οι λόγοι εποχικότητας, οι οποίοι όμως δεν είναι απαλλαγμένοι από την τυχαιότητα.

$$\frac{Y}{KMO(n)} = \frac{T \times C \times S \times R}{T \times C} = S \times R$$

Το τρίτο στάδιο είναι η απαλοιφή της τυχαιότητας από τους λόγους εποχικότητας που υπολογίστηκαν στο δεύτερο βήμα. Αυτό επιτυγχάνεται με την εύρεση της μέσης τιμής των λόγων εποχικότητας των αντίστοιχων περιόδων. Με τον τρόπο αυτό απομονώνεται η συνιστώσα της εποχικότητας S.

Το τέταρτο βήμα της διαδικασίας αποσύνθεσης περιλαμβάνει την διαίρεση των πραγματικών δεδομένων με τους συντελεστές εποχικότητας ώστε να προκύψει η αποεποχικοποιημένη χρονοσειρά. Η χρονοσειρά που προκύπτει περιλαμβάνει μόνο τις συνιστώσες της τάσης, του κύκλου και της τυχαιότητας.

$$\frac{Y}{S} = \frac{T \times C \times S \times R}{S} = T \times C \times R$$

Το πέμπτο βήμα περιλαμβάνει τον υπολογισμό διπλών κινητών μέσων όρων τρία επί τρία, ώστε να προκύψει μία σειρά τάσης-κύκλου. Η αποεποχικοποιημένη χρονοσειρά του βήματος τέσσερα, θα διαιρεθεί με τους διπλούς κινητούς μέσους όρους ώστε να απομονωθεί η συνιστώσα της τυχαιότητας.

$$\frac{T \times C \times R}{KMO(3 \times 3)} = \frac{T \times C \times R}{T \times C} = R$$

Όπου :

KMO(3x3) : Διπλός κινητός μέσος όρος τρία επί τρία

Στο έκτο και τελευταίο βήμα της διαδικασίας αποσύνθεσης και έχοντας υπολογίσει ήδη την σειρά τάσης-κύκλου, είναι δυνατός ο διαχωρισμός των δύο αυτών συνιστωσών. Ουσιαστικά αφού επιλεγεί το μοντέλο τάσης που περιγράφει καλύτερα την χρονοσειρά, μέσω της μαθηματικής διαδικασίας της παλινδρόμησης είναι εφικτή η απομόνωση των δύο αυτών συνιστωσών (T, C).

3.5 - Μέθοδοι πρόβλεψης χρονοσειρών

Από την προηγούμενη ενότητα γίνεται κατανοητό ότι η κάθε ακολουθία παρατηρήσεων ή χρονοσειρά, έχει συγκεκριμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά τα οποία θα πρέπει να λάβει κάποιος υπόψη, ώστε να επιλέξει το κατάλληλο μοντέλο πρόβλεψης και να «προβλέψει» ουσιαστικά με το μικρότερο δυνατό σφάλμα. Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι υπάρχει πληθώρα διαθέσιμων μεθόδων πρόβλεψης, τις οποίες πριν αναλύσουμε θα πρέπει πρώτα να τις κατηγοριοποιήσουμε.

Οι μέθοδοι πρόβλεψης χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες : τις ποιοτικές και τις ποσοτικές. Κάθε ένα από αυτά τα δύο είδη προσεγγίζει το πρόβλημα της πρόβλεψης με διαφορετικό τρόπο.

Οι ποσοτικές μέθοδοι πρόβλεψης, βασίζονται σε αριθμητικά και ποσοτικά δεδομένα και συνήθως χρησιμοποιούνται όταν η πρόβλεψη απαιτεί την εκτίμηση αριθμητικών τιμών, όπως πχ η πρόβλεψη των μελλοντικών πωλήσεων σε μία επιχείρηση. Χαρακτηριστικά παραδείγματα ποσοτικών μεθόδων πρόβλεψης είναι το μοντέλο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης, η μέθοδος Croston για χρονοσειρές διακοπτόμενης ζήτησης ή η μέθοδος ADIDA, τα οποία αναλύονται στις επόμενες ενότητες.

Οι ποιοτικές μέθοδοι πρόβλεψης χρησιμοποιούνται όταν η επιθυμητή πρόβλεψη σχετίζεται με ποιοτικά δεδομένα και συνήθως εφαρμόζονται για την πρόβλεψη τάσεων και μοτίβων. Παραδείγματα των ποιοτικών μεθόδων πρόβλεψης είναι η έκθεση εμπειρογνομώνων, οι δημοσκοπήσεις και η ανάλυση περιβάλλοντος.

Επιπλέον, χάρη στις νέες τεχνολογίες όπως η μηχανική μάθηση (machine learning), έχουν αναπτυχθεί προηγμένες μέθοδοι πρόβλεψης που ενσωματώνουν στοιχεία και από τις δύο κατηγορίες. Οι μέθοδοι μηχανικής μάθησης όπως τα νευρωνικά δίκτυα και τα διάφορα εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων, έχουν αναδειχθεί ως ισχυροί σύμμαχοι των στελεχών των επιχειρήσεων, ειδικά για την αντιμετώπιση προβλημάτων πρόβλεψης σε σύνθετες δομές δεδομένων.

Στις επόμενες παραγράφους θα γίνει παρουσίαση μόνο των ποσοτικών μεθόδων πρόβλεψης που εφαρμόστηκαν στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας.

3.5.1 Μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης

Η μέθοδος πρόβλεψης εκθετικής εξομάλυνσης [14] είναι τεχνική πρόβλεψης χρονοσειρών που χρησιμοποιεί σταθμισμένους μέσους όρους προηγούμενων (παρελθοντικών) παρατηρήσεων για να προβλέψει μελλοντικές τιμές και βασίζεται ουσιαστικά στην εξομάλυνση των ιστορικών δεδομένων. Η μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης είναι ιδιαίτερα δημοφιλής λόγω της απλότητας της, αλλά και της αποτελεσματικότητας της ιδιαίτερα όταν εφαρμόζεται πάνω σε δεδομένα όπου υπάρχει ένα μοτίβο με την πάροδο του χρόνου, ενώ έχει και πολύ μικρό υπολογιστικό κόστος. Στόχος της μεθόδου εκθετικής εξομάλυνσης αποτελεί ουσιαστικά η απομόνωση του προτύπου των δεδομένων από τις τυχαίες διακυμάνσεις.

Η κύρια αρχή πίσω από την εκθετική εξομάλυνση είναι ο υπολογισμός του μέσου όρου των δεδομένων παράλληλα με εκθετική μείωση των βαρών (συντελεστών) των

παλαιότερων παρατηρήσεων, γεγονός που σημαίνει ότι οι πιο πρόσφατες παρατηρήσεις έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα και επιρροή στην πρόβλεψη. Ο υπολογισμών των βέλτιστων συντελεστών αναφέρεται μάλιστα και από τον Gardner στο άρθρο του «Exponential smoothing : The state of the art, part II» που δημοσιεύτηκε το 2006. Ο ίδιος μάλιστα σημειώνει πως όλα τα σύγχρονα συστήματα πρόβλεψης με εκθετική εξομάλυνση ενσωματώνουν μεθόδους αυτόματης βελτιστοποίησης των συντελεστών, βελτιώνοντας ακόμα περισσότερο την ακρίβεια των μεθόδων.

Υπάρχουν τέσσερα κύρια μοντέλα εκθετικής εξομάλυνσης. Το μοντέλο σταθερού επιπέδου, γραμμικής τάσης, εκθετικής τάσης και φθίνουσας τάσης.

Μοντέλο σταθερού επιπέδου

Το μοντέλο σταθερού επιπέδου ή αλλιώς απλή εκθετική εξομάλυνση (Simple Exponential Smoothing – SES) χρησιμοποιείται όταν τα δεδομένα δεν δείχνουν σαφή τάση ή κάποιο μοτίβο και ουσιαστικά η σειρά κυμαίνεται γύρω από ένα σταθερό επίπεδο. Μαθηματικά εκφράζεται ως εξής :

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

Όπου :

F_{t+1} : Πρόβλεψη της επόμενης περιόδου

α : Συντελεστής εξομάλυνσης

Y_t : Πραγματική τιμή τρέχουσας περιόδου

F_t : Πρόβλεψη τρέχουσας περιόδου

Σε αυτό το μοντέλο η νέα πρόβλεψη είναι ένας σταθμισμένος μέσος όρος της της πραγματικής αξίας της παρατήρησης της περιόδου και της αξίας της πρόβλεψης της προηγούμενης περιόδου. Η σταθερά εξομάλυνσης α , η οποία είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για την ακρίβεια της μεθόδου, κυμαίνεται από 0 έως 1 και καθορίζει το βάρος που δίνεται στην πιο πρόσφατη παρατήρηση. Σύμφωνα με τον Gardner [14] το μοντέλο SES είναι απλό και αποτελεσματικό, αλλά μπορεί να μην είναι επαρκές για δεδομένα με έντονες τάσεις ή εποχικές διακυμάνσεις.

Μοντέλο γραμμικής τάσης (Holt)

Το μοντέλο γραμμικής τάσης, γνωστό και ως μοντέλο του Holt, χρησιμοποιείται όταν τα δεδομένα παρουσιάζουν μια τάση με την πάροδο του χρόνου. Αυτό το μοντέλο ενσωματώνει τόσο το επίπεδο όσο και την τάση της σειράς. Μαθηματικά εκφράζεται ως εξής :

$$L_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (L_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta \times (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$F_{t+m} = L_t + m \times T_t$$

Όπου :

β : Σταθερά εξομάλυνσης της συνιστώσας της τάσης

L_t : Επίπεδο τρέχουσας περιόδου

L_{t-1} : Επίπεδο προηγούμενης περιόδου

T_t : Τάση τρέχουσας περιόδου

T_{t-1} : Τάση προηγούμενης περιόδου

F_{t+m} : Πρόβλεψη για τις επόμενες m περιόδους

Αυτό το μοντέλο εξομαλύνει ξεχωριστά το επίπεδο και την τάση, συνδυάζοντας τα ώστε να προβλέψει την μελλοντική τιμή.

Μοντέλο εκθετικής τάσης

Το μοντέλο εκθετικής τάσης χρησιμοποιείται όταν τα δεδομένα αυξάνονται ή μειώνονται με εκθετικό ρυθμό. Ουσιαστικά πρόκειται για παραλλαγή του μοντέλου γραμμικής τάσης, εφαρμόζοντας ουσιαστικά εκθετική εξομάλυνση στην τάση. Μαθηματικά εκφράζεται ως εξής :

$$L_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times L_{t-1}$$

$$T_t = \gamma \times \left(\frac{L_t}{L_{t-1}} \right) + (1 - \gamma) \times T_{t-1}$$

$$F_{t+m} = L_t \times T_t^m$$

Όπου :

γ : Σταθερά εξομάλυνσης της αναλογίας της τάσης

Σε αυτό το μοντέλο η τάση υπολογίζεται ως αναλογία του τρέχοντος επιπέδου με το προηγούμενο, καταγράφοντας την εκθετική φύση της. Ο Gardner [14] σημειώνει ότι η μέθοδος αυτή μπορεί να ενισχυθεί και με τεχνικές εποχιακής προσαρμογής για την καλύτερη αντιμετώπιση δεδομένων με περιοδικές διακυμάνσεις.

Μοντέλο φθίνουσας τάσης (Damped)

Το μοντέλο φθίνουσας τάσης, που επίσης αναπτύχθηκε από τον Holt, είναι επέκταση του μοντέλου γραμμικής τάσης όπου ουσιαστικά η μειώνει τον αντίκτυπο της τάσης

με την πάροδο του χρόνου και χρησιμοποιείται όταν η τάση αναμένεται να συνεχιστεί στο μέλλον με φθίνοντα ρυθμό. Μαθηματικά εκφράζεται ως εξής :

$$L_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (L_{t-1} + \varphi \times T_{t-1})$$

$$T_t = \beta \times (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) \times \varphi \times T_{t-1}$$

$$F_{t+m} = L_t + (\varphi + \varphi^2 + \dots + \varphi^m) \times T_t$$

Όπου :

φ : συντελεστής φθοράς

Είναι ένα μοντέλο που σύμφωνα με τον Gardner [14] μπορεί να βελτιώσει την πρόβλεψη και σε μακροχρόνιες χρονοσειρές όπου η τάση δεν είναι διατηρήσιμη, ενώ έχει αποδειχθεί αποτελεσματικό και σε πολλές επιχειρηματικές εφαρμογές όπως η πρόβλεψη ζήτησης και τα οικονομικά μοντέλα.

3.5.2 Μέθοδος ADIDA

Η μέθοδος ADIDA (Aggregated – Disaggregated Intermittent Demand Approach) [15], όπως προτείνεται από τους Νικολόπουλος-Συντετός, είναι μια διαδικασία σχεδιασμένη για την διαχείριση δεδομένων διακοπτόμενης ζήτησης, ενώ επίσης μπορεί να εφαρμόζεται και σε δεδομένα που εμφανίζουν μεγάλη διακύμανση. Μέσω της ανάλυσης και της επεξεργασίας των δεδομένων σε διάφορα επίπεδα συχνότητας, η μέθοδος ADIDA προσφέρει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την βελτίωση της ακρίβειας των μεθόδων πρόβλεψης.

Η μέθοδος ADIDA [16] βασίζεται στην μη-επικαλυπτόμενη συνάθροιση των δεδομένων σε περιόδους μικρότερης συχνότητας ώστε να εξομαλύνει την εκάστοτε χρονοσειρά δεδομένων. Για παράδειγμα στην περίπτωση μηνιαίων δεδομένων, όπως τα δεδομένα που εξετάζονται στα πλαίσια της εργασίας, θα μπορούσε να εφαρμοστεί συνάθροιση σε τριμηνιαίο ή εξαμηνιαίο επίπεδο. Μετά την συνάθροιση των δεδομένων προκύπτει μία νέα εξομαλυμένη χρονοσειρά η οποία μπορεί να υποβληθεί σε κλασσικές μεθόδους πρόβλεψης όπως η εκθετική εξομάλυνση. Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης αναμένεται να είναι πιο ακριβή καθώς η συναθροισμένη χρονοσειρά θα έχει πολύ λιγότερο «θόρυβο» από την αρχική.

Τέλος, οι προβλεπόμενες τιμές επιστρέφουν στην αρχική χρονική κλίμακα χρησιμοποιώντας διάφορες εμπειρικές τεχνικές διαχωρισμού, όπως η αναλογική κατανομή βασισμένη στα ιστορικά δεδομένα.

Συνοπτικά, το μεθοδολογικό πλαίσιο της μεθόδου ADIDA, όπως περιγράφεται από τους Νικολόπουλος-Συντετός, ολοκληρώνεται σε τρία βήματα :

1. Συνάθροιση των δεδομένων με κατάλληλο επίπεδο συνάθροισης
2. Πρόβλεψη της συναθροισμένης χρονοσειράς
3. Διαχωρισμός των προβλέψεων στην αρχική χρονική κλίμακα

Παρακάτω, παρατίθεται παράδειγμα συνάθροισης χρονοσειράς, με συχνότητα τριών μηνών :

Πωλήσεις λεβήτων φυσικού αερίου	
Αρχική χρονοσειρά	Συναθροισμένη χρονοσειρά
7	58
29	
22	
54	186
80	
52	
50	129
10	
69	
95	242
111	
36	

Πίνακας 3.1 : Παράδειγμα συναθροισμένης χρονοσειράς με τριμηνιαία συχνότητα

3.6 - Σφάλματα και αξιολόγηση μεθόδων πρόβλεψης

Ο υπολογισμός του σφάλματος πρόβλεψης είναι μία κρίσιμη διαδικασία κατά την οποία μετριέται ουσιαστικά η ακρίβεια μιας μεθόδου πρόβλεψης, συγκρίνοντας τις προβλεπόμενες με τις πραγματικές τιμές μίας χρονοσειράς. Η κατανόηση και η ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων πρόβλεψης είναι απαραίτητη για την βελτίωση της αξιοπιστίας των προβλέψεων. Δύο δείκτες που χρησιμοποιούνται συνήθως για την αξιολόγηση του σφάλματος [17] είναι το μέσο απόλυτο σφάλμα (MAE) και η ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE).

3.6.1 Σφάλμα πρόβλεψης

Το σφάλμα πρόβλεψης [17] είναι η διαφορά της προβλεπόμενης και της πραγματικής τιμής μιας δεδομένης χρονικής στιγμής και επί της ουσίας παρέχει πληροφορίες για το πόσο καλά αποδίδει ένα μοντέλο πρόβλεψης. Τα σφάλματα μπορούν να υπολογιστούν για κάθε χρονική στιγμή και να αξιολογηθούν χρησιμοποιώντας διάφορες στατιστικές μεθόδους.

Το σφάλμα πρόβλεψης υπολογίζεται ως εξής :

$$e_t = Y_t - F_t$$

Όπου :

e_t : Σφάλμα πρόβλεψης την χρονική στιγμή t

3.6.2 Μέσο απόλυτο σφάλμα (MAE)

Το μέσο απόλυτο σφάλμα είναι ένα μέτρο του μέσου μεγέθους των σφαλμάτων σε ένα σύνολο παρατηρήσεων. Υπολογίζεται ως ο μέσος όρος των απόλυτων διαφορών μεταξύ των πραγματικών και των προβλεπόμενων τιμών και παρέχει μία καλή εικόνα ως προς την ακρίβεια της πρόβλεψης.

Μαθηματικά, το μέσο απόλυτο σφάλμα υπολογίζεται ως εξής :

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - F_t|$$

Όπου :

n : πλήθος των παρατηρήσεων

3.6.3 Ρίζα μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE)

Η ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος είναι ίσως ο πιο διαδεδομένος τρόπος μέτρησης της ακρίβειας μίας μεθόδου πρόβλεψης. Καθώς λαμβάνεται υπόψη το τετράγωνο το σφαλμάτων, δίνεται βαρύτητα σε μεγαλύτερα σφάλματα, καθιστώντας τον συγκεκριμένο δείκτη ιδανικό για την εκτίμηση της ακρίβειας μίας μεθόδου πρόβλεψης, ειδικά όταν η ύπαρξη ακραίων τιμών είναι ανεπιθύμητη. Το RMSE υπολογίζεται η τετραγωνική ρίζα του μέσου όρου των τετραγωνικών διαφορών μεταξύ των πραγματικών και των προβλεπόμενων τιμών.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2}$$

Κεφάλαιο 4 – Μεθοδολογία

4.1 Περιγραφή μεθοδολογίας

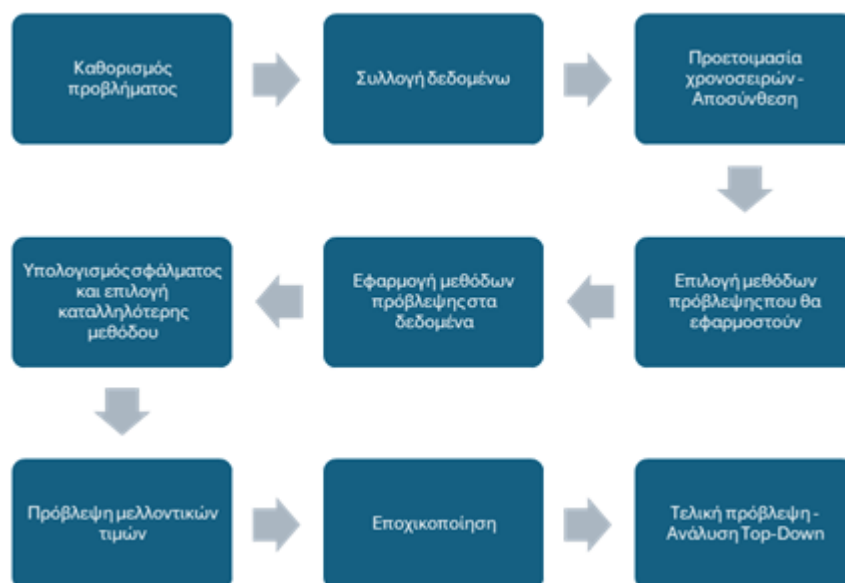
Στα προηγούμενα κεφάλαια της εργασίας έγινε εκτενής αναφορά στο πόσο σημαντικό είναι για μία επιχείρηση να μπορεί να προβλέψει, με το μικρότερο δυνατό σφάλμα, τις μελλοντικές πωλήσεις. Με τον τρόπο αυτό η κάθε επιχείρηση μπορεί να οργανώσει καλύτερα τα αποθέματα της και να βελτιστοποιήσει την διαδικασία παραγγελίας και παραλαβής πρώτων υλών, να βελτιστοποιήσει την διαδικασία παραγωγής και την διαδικασία διάθεσης των προϊόντων της ή των υπηρεσιών της. Με την σωστή οργάνωση η επιχείρηση θα μπορεί να μειώσει το κόστος λειτουργίας της, να αυξήσει το κέρδος της και ουσιαστικά να αποκτήσει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι των υπολοίπων επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στην συγκεκριμένη αγορά.

Πριν ωστόσο η κάθε επιχείρηση εφαρμόσει τις πολιτικές εκείνες που θα καθορίσουν τα διοικητικά στελέχη, με γνώμονα την πρόβλεψη πωλήσεων, είναι κατανοητό πως θα πρέπει πρώτα να γίνουν συγκεκριμένες ενέργειες.

Στις επόμενες παραγράφους του Κεφαλαίου παρουσιάζονται αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν και οι εργασίες που εκτελέστηκαν για την παραγωγή προβλέψεων στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Θα γίνει αναφορά στον τρόπο με τον οποίο έγινε η συλλογή και η επεξεργασία των δεδομένων, ο τρόπος με τον οποίο επιλέχθηκαν τα δεδομένα και των εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή προβλέψεων, καθώς επίσης και του τρόπου με τον οποίο αξιολογήθηκαν τα δεδομένα και η καταλληλότητα της μεθόδου πρόβλεψης που επιλέχθηκε.

Τέλος θα γίνει αναφορά στην εποχικοποίηση των τιμών που προβλέφθηκαν από την εφαρμογή των μεθόδων πρόβλεψης και στην ανάλυση με την λογική Top-Down.

Ενδεικτικά, παρατίθεται το παρακάτω διάγραμμα ροής της διαδικασίας που ακολουθήθηκε :



Εικόνα 4.1: Διάγραμμα ροής μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε

4.2 Καθορισμός προβλήματος – Συλλογή δεδομένων

Όπως έχει αναφερθεί στις προηγούμενες παραγράφους, σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παραγωγή προβλέψεων για τις μελλοντικές πωλήσεις εμπορικής επιχείρησης που δραστηριοποιείται στην Ελληνική αγορά και συγκεκριμένα στον κλάδο της Ψύξης-Θέρμανσης-Κλιματισμού. Με αυτά τα δεδομένα η επιχείρηση θα είναι σε θέση να βελτιστοποιήσει την διαδικασία διαχείρισης του αποθέματος της, να συνάψει καλύτερες εμπορικές συμφωνίες με τους προμηθευτές της ώστε να μειώσει το κόστος της και να αυξήσει την κερδοφορία της και φυσικά να είναι σε θέση να εξυπηρετήσει την ζήτηση, ώστε να μην απωλέσει πωλήσεις λόγω έλλειψης διαθεσιμότητας και να ικανοποιήσει τους πελάτες της στον μέγιστο βαθμό. Ιδιαίτερα σημαντικό επίσης είναι να αποφύγει η επιχείρηση την περίπτωση υπεραποθέματος, το οποίο θα οδηγήσει σε δέσμευση των οικονομικών της πόρων και άρα δεν θα της επιτρέψει να είναι ευέλικτη και να μπορέσει να αξιοποιήσει τυχόν ευκαιρίες που μπορεί να προκύψουν.

Αφότου έχει καθοριστεί ο σκοπός της εργασίας, το επόμενο βήμα για την παραγωγή προβλέψεων είναι η συλλογή των απαιτούμενων δεδομένων. Στα πλαίσια της εργασίας, εξετάζονται τα προϊόντα εκείνα τα οποία παρουσιάζουν τον μεγαλύτερο όγκο πωλήσεων, επομένως και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον της επιχείρησης να «προβλέψει» τις μελλοντικές πωλήσεις. Τα προϊόντα που εξετάζονται στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία είναι :

Λέβητες φυσικού αερίου τεχνολογίας συμπύκνωσης

Στην κατηγορία περιλαμβάνονται 2 κωδικοί, ίδιας ονομαστικής ισχύος, τεχνολογίας και διαθέσιμων λειτουργιών. Τα δύο μοντέλα διαφέρουν στον βαθμό απόδοσης, στον σχεδιασμό και στην εμπορική αξία.

Αντλίες θερμότητας αέρος-νερού

Στην κατηγορία περιλαμβάνονται 6 κωδικοί, όπου διαφέρουν μόνο στην ονομαστική ισχύ (απόδοση), επομένως και στην εμπορική τους αξία.

Αντλίες θερμότητας αέρος-αέρος (κλιματιστικά)

Στην κατηγορία περιλαμβάνονται 4 κωδικοί, όπου διαφέρουν μόνο στην ονομαστική ισχύ (απόδοση), επομένως και στην εμπορική τους αξία.

Τοπικές κλιματιστικές μονάδες «fan coil» δαπέδου

Στην κατηγορία περιλαμβάνονται 19 κωδικοί, όπου διαφέρουν μόνο στην ονομαστική ισχύ (απόδοση), στις διαστάσεις, επομένως και στην εμπορική τους αξία.

Θερμαντικά σώματα τύπου πάνελ

Στην κατηγορία περιλαμβάνονται 80 κωδικοί, όπου χωρίζονται σε 2 υποκατηγορίες βάση του ύψους, ενώ περαιτέρω διαχωρισμός κάθε υποκατηγορίας γίνεται βάση του μήκους και του πάχους του πάνελ. Οι κωδικοί, πέρα από τις διαστάσεις, διαφέρουν στην απόδοση και επομένως και στην εμπορική τους αξία.

Στα δεδομένα περιλαμβάνονται οι μηνιαίες πωλήσεις των ανωτέρω προϊόντων ανά κωδικό, από τον Ιανουάριο του 2019 έως και τον Δεκέμβριο του 2023. Οι πωλήσεις αναφέρονται σε τεμάχια που εμπορεύθηκε οι επιχείρηση και όχι σε έσοδα καθώς η αξία δεν έχει παραμείνει σταθερή στο χρονικό διάστημα όπου εξετάζονται τα δεδομένα. Η συλλογή των δεδομένων του προβλήματος, έχει γίνει από το Σύστημα Ενδο-επιχειρησιακού Σχεδιασμού (ERP) της επιχείρησης όπου και καταγράφονται όλα τα δεδομένα πωλήσεων.

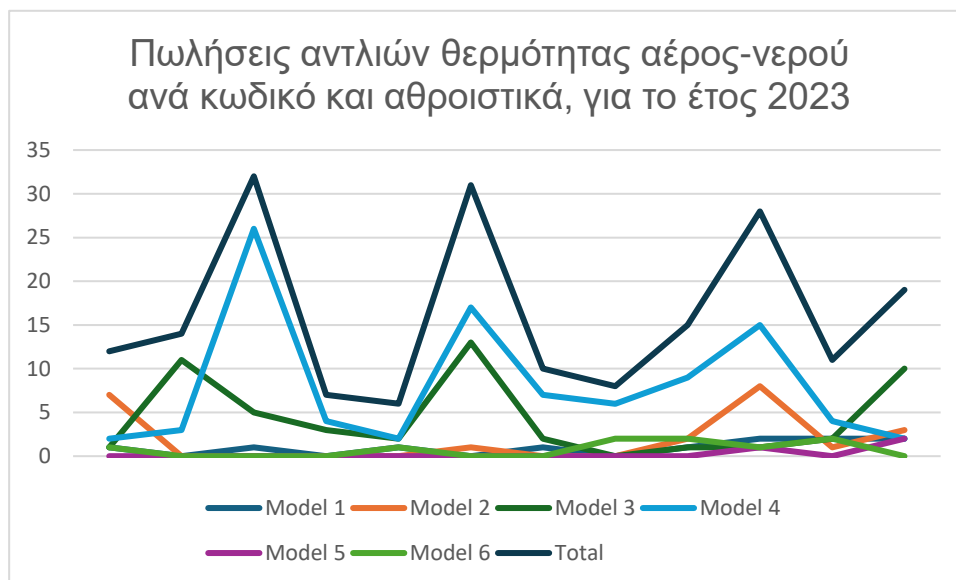
Παρακάτω παρατίθενται ως παράδειγμα, τα δεδομένα πωλήσεων των λεβήτων φυσικού αερίου κατά το έτος 2019, ανά κωδικό και για το σύνολο της κατηγορίας σε ποσότητες (τεμάχια) :

Period	Boiler 1	Boiler 2	Total
Ιαν-19	2	5	7
Φεβ-19	4	25	29
Μαρ-19	1	21	22
Απρ-19	8	46	54

Μαϊ-19	18	62	80
Ιουν-19	23	29	52
Ιουλ-19	18	32	50
Αυγ-19	4	6	10
Σεπ-19	40	29	69
Οκτ-19	50	45	95
Νοε-19	81	30	111
Δεκ-19	32	4	36

Πίνακας 4.1: Πωλήσεις λεβήτων φυσικού αερίου κατά το έτος 2019

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να καταστεί σαφές, ότι η διαδικασία πρόβλεψης δεν θα γίνει ξεχωριστά για τον κάθε κωδικό της κάθε κατηγορίας, αλλά για το σύνολο της κατηγορίας και στην συνέχεια οι τιμές που θα προβλεφθούν θα επιμεριστούν βάση στατιστικών στοιχείων. Ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκε η συγκεκριμένη μεθοδολογία, είναι το μεγάλο χρονικό διάστημα που μπορεί να μεσολαβεί ανάμεσα σε διαδοχικές ζητήσεις/πωλήσεις κάποιων επιμέρους κωδικών, αλλά και ο υψηλός δείκτης του τετραγώνου του συντελεστή μεταβλητότητας. Λόγω των υψηλών δεικτών, είναι πρακτικά αδύνατο να εφαρμοστεί οποιαδήποτε μέθοδος πρόβλεψης σε κάποιους κωδικούς με ακρίβεια. Ο τρόπος υπολογισμού των παραπάνω δεικτών θα αναλυθεί σε επόμενη παράγραφο.



Εικόνα 4.2 : Διάγραμμα πωλήσεων αντλιών θερμότητας ανά κωδικό και αθροιστικά

4.3 Προετοιμασία χρονοσειρών

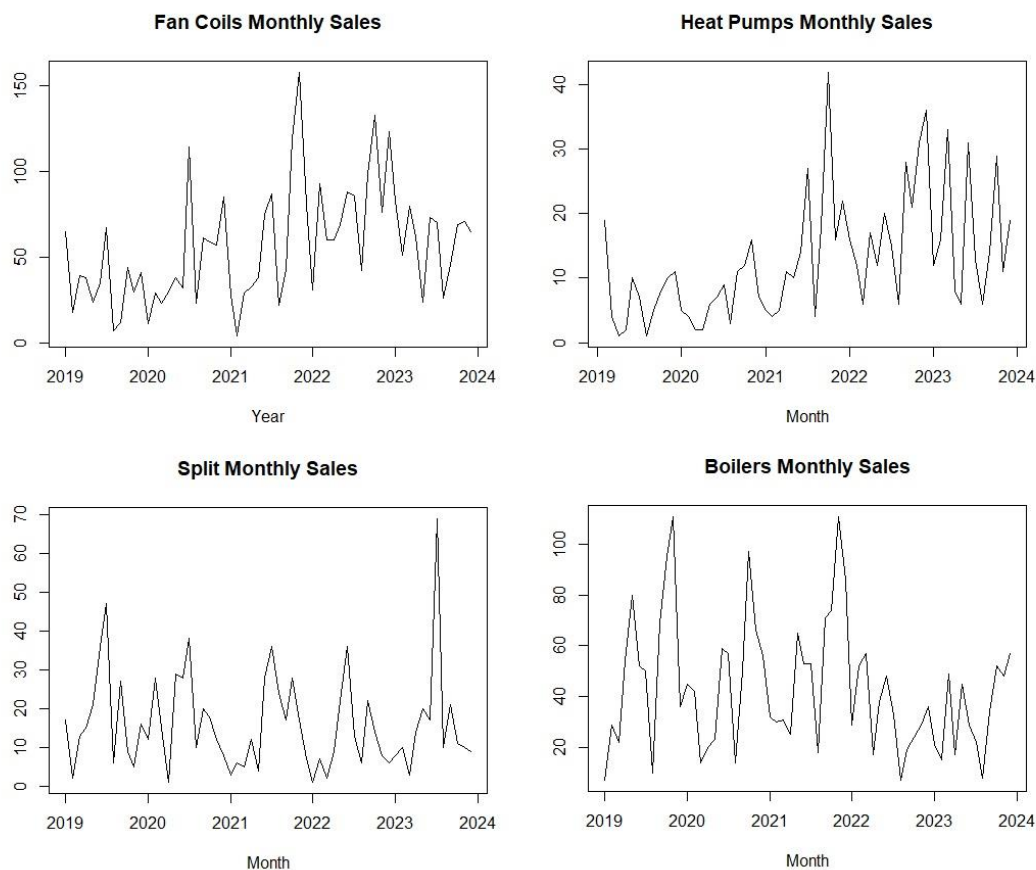
Το δεύτερο στάδιο της διαδικασίας πρόβλεψης των μελλοντικών πωλήσεων των προϊόντων όπου εξετάζονται, είναι η ανάλυση και η επεξεργασία των δεδομένων. Η προετοιμασία των χρονοσειρών είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς στο στάδιο αυτό θα

διορθωθούν τυχόν εσφαλμένες τιμές οι οποίες εάν δεν «διορθωθούν» θα οδηγήσουν σε σφάλματα στην πρόβλεψη. Επίσης στο στάδιο αυτό θα εκτιμηθεί ποιες οικογένειες μεθόδων πρόβλεψης αναμένεται να ανταποκριθούν καλύτερα στα δεδομένα του προβλήματος. Τα βασικά βήματα κατά την διαδικασία προετοιμασίας των χρονοσειρών είναι :

Απεικόνιση δεδομένων

Η γραφική απεικόνιση αποτελεί ίσως το πιο βασικό εργαλείο της ανάλυσης χρονοσειρών αλλά και γενικότερα όλης της διαδικασίας πρόβλεψης και έγκειται ουσιαστικά στην δισδιάστατη γραφική απεικόνιση των τιμών των ιστορικών δεδομένων ως προς τον χρόνο. Από την αναπαράσταση των δεδομένων καθίστανται εμφανή τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της χρονοσειράς όπως η τάση, η εποχικότητα, ο κύκλος και η τυχαιότητα και τα οποία βοηθούν τον αναλυτή να εντοπίσει ακραίες ή εσφαλμένες τιμές ώστε να τις διορθώσει και επίσης να επιλέξει μέσω των διαφορετικών τεχνικών πρόβλεψης, τις πλέον κατάλληλες, ώστε να έχει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα με το μικρότερο δυνατό σφάλμα πρόβλεψης.

Παρακάτω, παρατίθεται παράδειγμα απεικόνισης χρονοσειράς του προβλήματος, όπου είναι εμφανής η εποχικότητα της ζήτησης :



Εικόνα 4.3 : Γραφική απεικόνιση χρονοσειρών προβλήματος

Έλεγχος για κενές ή μηδενικές τιμές και προσαρμογή των δεδομένων

Κατά την ανάλυση των δεδομένων, είναι πολύ σημαντικό να ελεγχθεί η ύπαρξη κενών τιμών, οι οποίες εάν υπάρχουν θα δημιουργήσουν πρόβλημα στην εφαρμογή των μοντέλων πρόβλεψης. Οι κενές τιμές, εάν παρατηρηθούν στα δεδομένα, προτείνεται να αντικαθίστανται από τον μέσο όρο της προηγούμενης και της επόμενης παρατήρησης ή από τον μέσο όρο των παρατηρήσεων των αντίστοιχων περιόδων σε περίπτωση εποχιακής ζήτησης.

Με αντίστοιχο τρόπο θα πρέπει να γίνεται και η διαχείριση των μηδενικών τιμών, αλλά μόνο στην περίπτωση όπου εμφανίζονται συχνά και θεωρηθεί ότι θα επηρεάσουν την εφαρμογή των μεθόδων πρόβλεψης.

Στα δεδομένα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, δεν παρουσιάστηκαν κενές τιμές, ενώ παρουσιάστηκαν έξι μηδενικές τιμές στην κατηγορία των fan coils τοίχου και από μία μηδενική τιμή στις κατηγορίες των αντλιών θερμότητας αέρος-νερού και αέρος-αέρος αντίστοιχα, σε σύνολο 60 παρατηρήσεων. Συνεπώς δεν απαιτήθηκε να γίνει προσαρμογή των δεδομένων.

Διαχείριση ακραίων τιμών ή ασυνεχειών

Ιδιαίτερα σημαντικό κατά την διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων είναι να γίνει έλεγχος για ειδικά γεγονότα. Με τον όρο ειδικά γεγονότα ή special events, αναφερόμαστε ουσιαστικά σε ασυνήθιστες τιμές ή στην αλλαγή επιπέδου στα δεδομένα. Τα γεγονότα αυτά μπορεί να οφείλονται σε διάφορους παράγοντες όπως η αλλαγή τιμής κάποιου προϊόντος, η είσοδος ενός ανταγωνιστικού προϊόντος στην αγορά, η διαφήμιση ή κάποια προωθητική ενέργεια κλπ.

Σε περίπτωση όπου εντοπιστεί κάποιο ειδικό γεγονός, θα πρέπει να υπολογιστεί ο αντίκτυπος που είχε και να γίνει προσαρμογή των δεδομένων, καθώς εάν δεν αντιμετωπιστεί ένα ειδικό γεγονός ενδέχεται να οδηγήσει σε λανθασμένη πρόβλεψη. Στα δεδομένα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, δεν εντοπίστηκαν ασυνήθιστες τιμές κατά την ανάλυση των δεδομένων και κατά την απεικόνιση τους. Παράλληλα, για κάθε χρονοσειρά εκτελέστηκαν στατιστικοί έλεγχοι με στόχο τον εντοπισμό ειδικών γεγονότων. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκε η συνάρτηση grubbs.test στην γλώσσα προγραμματισμού R. Το Grubbs test [18] αναπτύχθηκε από τον Frank Grubbs και είναι ένα στατιστικό τεστ το οποίο είναι ειδικά σχεδιασμένο για να εντοπίζει ακραίες τιμές σε μία αλληλουχία δεδομένων. Ουσιαστικά η συνάρτηση υπολογίζει τις σταθερές $G_{\max}$ και $G_{\min}$ ως την απόλυτη διαφορά της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής αντίστοιχα από την μέση τιμή του δείγματος, προς την τυπική απόκλιση. Αν η τιμή $G_{\max}$ ή $G_{\min}$ υπερβαίνει την τιμή που ορίζεται στον πίνακα Grubbs (παρατίθεται παρακάτω) για ένα δεδομένο διάστημα εμπιστοσύνης (95%), τότε η τιμή θεωρείται ακραία (outlier). Τα αποτελέσματα της μεθόδου ήταν αρνητικά για το σύνολο των χρονοσειρών.

Values of Grubbs Statistic (G)						
Number of Observations n	Confidence Level (%)					
	99.9	99.5	99	97.5	95	90
3	1.155	1.155	1.155	1.155	1.153	1.148
4	1.499	1.496	1.492	1.481	1.463	1.425
5	1.780	1.764	1.749	1.715	1.672	1.602
6	2.011	1.973	1.944	1.887	1.822	1.729
7	2.201	2.139	2.097	2.020	1.938	1.828
8	2.358	2.274	2.221	2.126	2.032	1.909
9	2.492	2.387	2.323	2.215	2.110	1.977
10	2.606	2.482	2.410	2.290	2.176	2.036
11	2.705	2.564	2.485	2.355	2.234	2.088
12	2.791	2.636	2.550	2.412	2.285	2.134
13	2.867	2.699	2.607	2.462	2.331	2.175
14	2.935	2.755	2.659	2.507	2.371	2.213
15	2.997	2.806	2.705	2.549	2.409	2.247
16	3.052	2.852	2.747	2.585	2.443	2.279
17	3.103	2.894	2.785	2.620	2.475	2.309
18	3.149	2.932	2.821	2.651	2.504	2.335
19	3.191	2.968	2.854	2.681	2.532	2.361
20	3.230	3.001	2.884	2.709	2.557	2.385
30	3.507	3.236	3.103	2.908	2.745	2.563
40	3.673	3.381	3.240	3.036	2.866	2.682
50	3.789	3.483	3.336	3.128	2.956	2.768
60	3.874	3.560	3.411	3.199	3.025	2.837
70	3.942	3.622	3.471	3.257	3.082	2.893
80	3.998	3.673	3.521	3.305	3.130	2.940
90	4.044	3.716	3.563	3.347	3.171	2.981
100	4.084	3.754	3.600	3.383	3.207	3.017

Source: ASTM E178-00, "Standard Practice for Dealing with Outlying Observations"

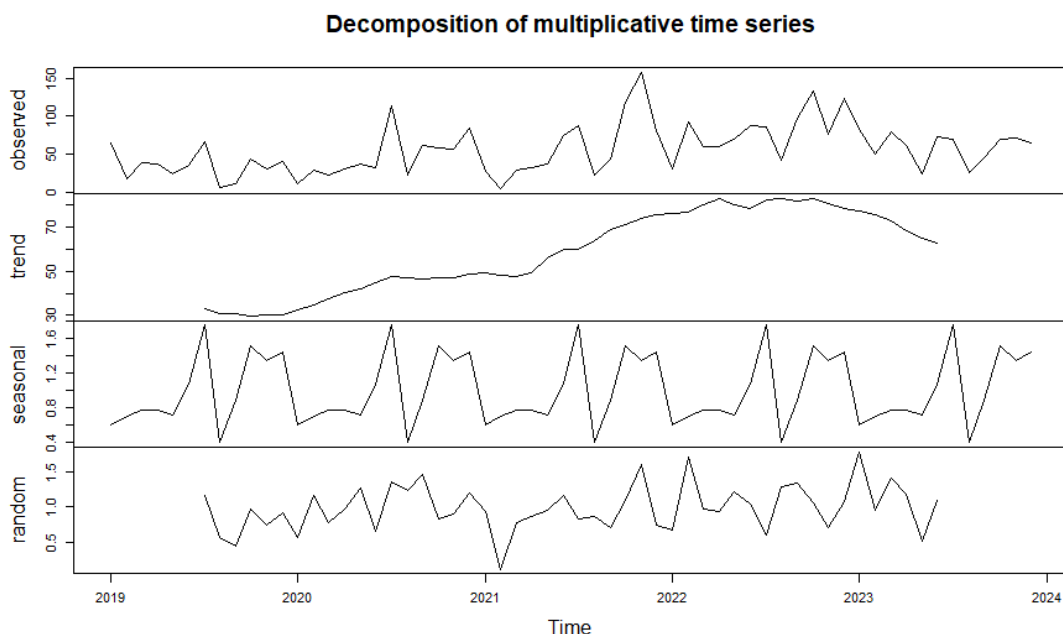
Εικόνα 4.4 : Πίνακας Grubbs

Αποσύνθεση χρονοσειράς

Στο προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας έγινε εκτενής αναφορά στην μαθηματική διαδικασία της αποσύνθεσης μίας χρονοσειράς. Κατέστη επίσης σαφές ότι η διαδικασία της αποσύνθεσης αποσκοπεί στην απομόνωση των βασικότερων συνιστωσών μίας χρονοσειράς και συγκεκριμένα στην συνιστώσα της εποχικότητας, της τάσης, του κύκλου και της τυχαιότητας. Η διαδικασία της αποσύνθεσης είναι

ιδιαίτερα κρίσιμη για την διαδικασία της πρόβλεψης για τους εξής δύο λόγους. Πρώτων, από την απομόνωση της συνιστώσας της τάσης, γίνεται εμφανές εάν οι τιμές των δεδομένων της χρονοσειράς κινούνται αυξητικά, πτωτικά ή εάν η χρονοσειρά είναι στάσιμη, πληροφορία η οποία σε πολύ μεγάλο βαθμό θα καθορίσει τις μεθόδους πρόβλεψης όπου θα εφαρμοστούν. Επίσης, απομονώνοντας την συνιστώσα της εποχικότητας, γίνεται εμφανές κατά πόσο σημαντικός είναι ο εποχικός παράγοντας στην χρονοσειρά και εάν ουσιαστικά υπάρχει κάποιο μοτίβο όπου ακολουθούν τα δεδομένα. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η αποσύνθεση των χρονοσειρών έγινε με την συνάρτηση `decompose()` στην γλώσσα προγραμματισμού R.

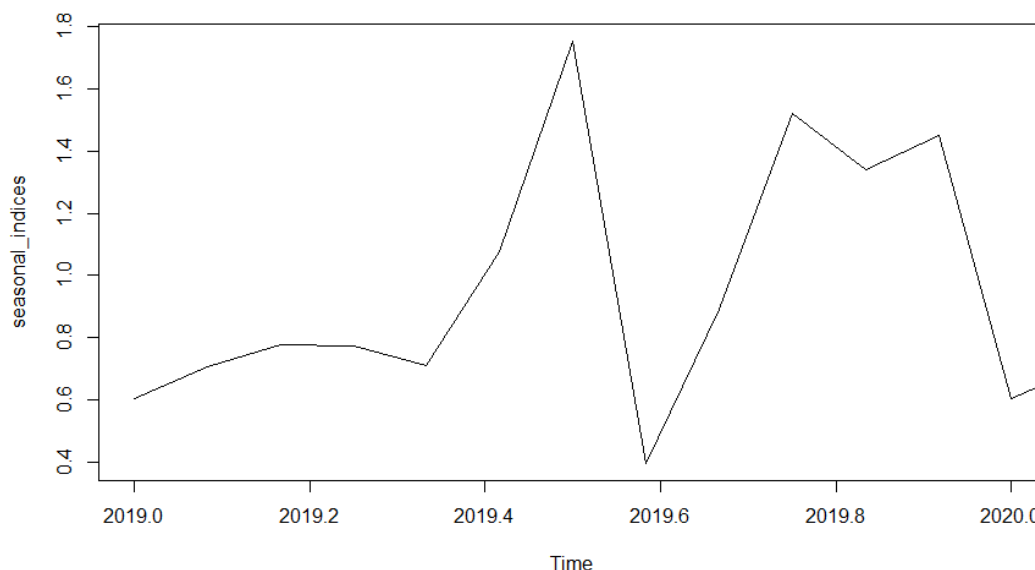
Η συνάρτηση `decompose()` [18] χρησιμοποιείται για την ανάλυση μιας χρονοσειράς δεδομένων στις τρεις βασικές της συνιστώσες, δηλαδή την τάση ή αλλιώς την μακροπρόθεσμη αύξηση ή μείωση της μέσης τιμής των δεδομένων, την εποχικότητα που δείχνει τα πρότυπα που επαναλαμβάνονται ανά τακτά διαστήματα στα δεδομένα όπως για παράδειγμα την αύξηση των πωλήσεων ενός εποχιακού προϊόντος κατά την περίοδο των γιορτών και τον θόρυβο, την τυχαία ή μη διακύμανση που παρατηρείται στα δεδομένα και δεν μπορεί να εξηγηθεί από την τάση ή την εποχικότητα. Για την ανάλυση χρησιμοποιούνται διάφορες μεθοδολογίες όπως οι κινητή μέσοι όροι κλπ.



Εικόνα 4.5: Παράδειγμα διαγράμματος αποσύνθεσης χρονοσειράς τοπικών κλιματιστικών μονάδων fan coil

Στο προηγούμενο κεφάλαιο επίσης, έγινε αναφορά στους δείκτες εποχικότητας και στον τρόπο με τον οποίο υπολογίζονται, διαδικασία εξίσου σημαντική κατά το στάδιο

προετοιμασίας της χρονοσειράς. Στα πλαίσια της εργασίας, ο υπολογισμός των δεικτών εποχικότητας έγινε μέσω της εντολής `decompose()` της R.



Εικόνα 4.6: Παράδειγμα απεικόνισης δεικτών εποχικότητας χρονοσειράς τοπικών κλιματιστικών μονάδων *fan coil*

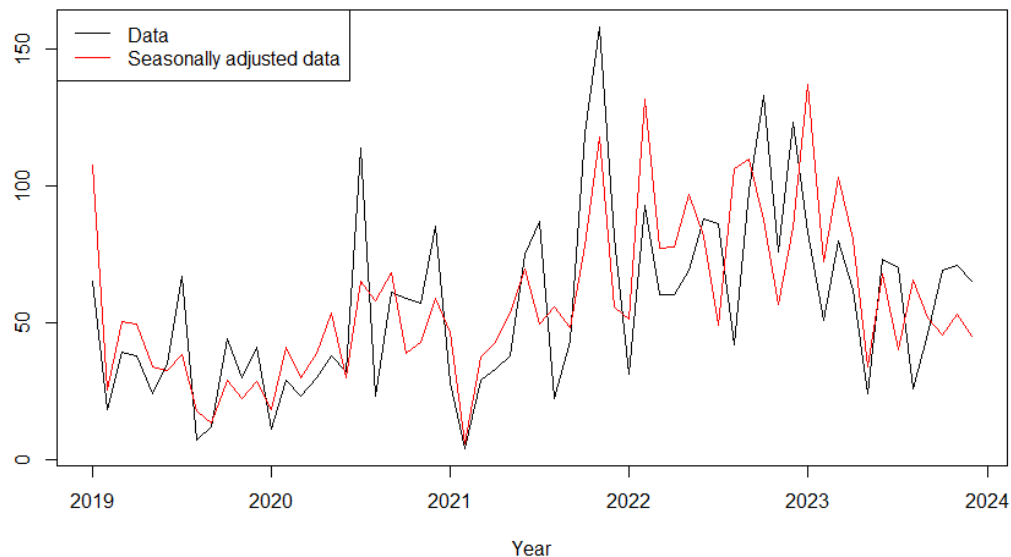
Period	Seasonal Indices
Jan	0,6049798
Feb	0,7075007
Mar	0,7764981
Apr	0,7714311
May	0,7115245
Jun	1,0754531
Jul	1,7538879
Aug	0,3959451
Sep	0,8919122
Oct	1,5217072
Nov	1,3398369
Dec	1,4493235

Πίνακας 4.2: Πίνακας λόγων εποχικότητας χρονοσειράς τοπικών κλιματιστικών μονάδων *fan coil*

Τονίζεται, ότι η οποιαδήποτε μέθοδος πρόβλεψης για να θεωρηθεί αξιόπιστη, δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε χρονοσειρά η οποία είναι εποχιακή. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να εφαρμόζεται η διαδικασία αποεποχικοποίησης μίας χρονοσειράς. Η αποεποχικοποιημένη χρονοσειρά, προκύπτει διαιρώντας ουσιαστικά την τιμή της κάθε παρατήρησης με τον δείκτη εποχικότητας της αντίστοιχης περιόδου. Η κάθε μέθοδος πρόβλεψης θα εφαρμοστεί στην αποεποχικοποιημένη χρονοσειρά και θα

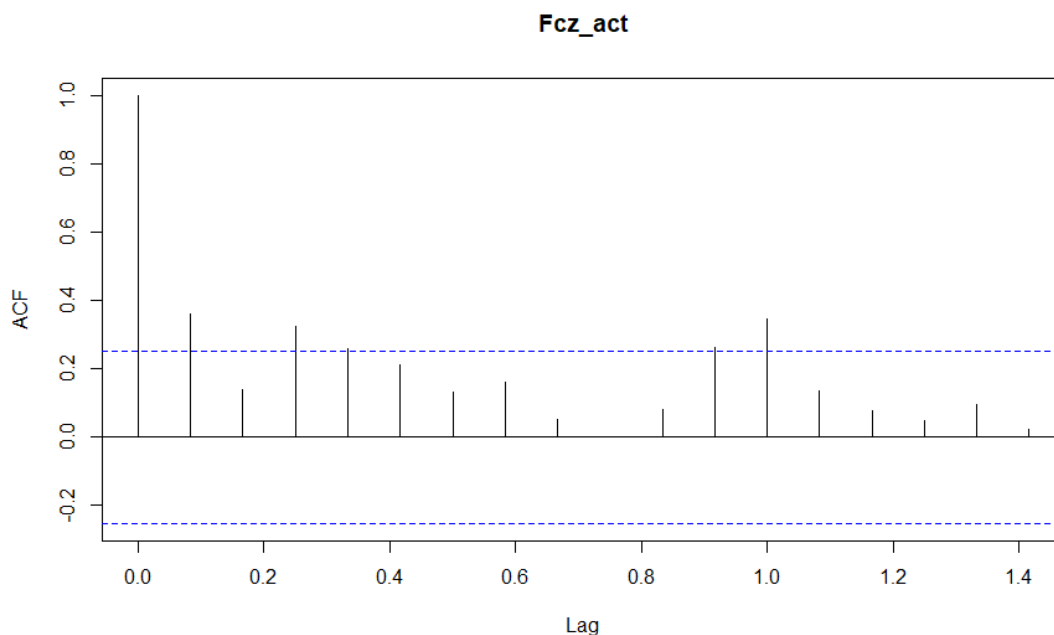
δημιουργήσει μη-εποχιακές προβλέψεις οι οποίες στην πορεία θα εποχικοποιηθούν ξανά.

Τονίζεται ότι όλες οι χρονοσειρές που θα εξεταστούν, βρέθηκαν να συμπεριφέρονται εποχιακά.



Εικόνα 4.7: Απεικόνιση κανονικής και αποεποχικοποιημένης χρονοσειράς

Φυσικά, πριν γίνει υπολογισμός των δεικτών εποχικότητας και η διαδικασία αποεποχικοποίησης της χρονοσειρά, θα πρέπει πρώτα να είναι σαφές εάν πράγματι η χρονοσειρά είναι εποχιακή. Ο έλεγχος εποχιακότητας μιας χρονοσειράς μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, όπως με την οπτικοποίηση των δεδομένων, με το διάγραμμα του συντελεστή αυτοσυσχέτισης των δεδομένων ή με διάφορα στατιστικά test. Στα πλαίσια της εργασίας, εφαρμόστηκε η εντολή `isSeasonal()` της γλώσσας προγραμματισμού R. Η εντολή `isSeasonal()` [18] εφαρμόζει διάφορα στατιστικά τεστ ώστε να εντοπίσει εάν υπάρχει έντονα ο εποχικός παράγοντας στα δεδομένα. Με την επιλογή “combined” ουσιαστικά εξετάστηκε η εποχικότητα των χρονοσειρών με εφαρμογή διαφορετικών μεθοδολογιών όπως STL, Loess-STL, Canova-Hansen, SARIMA, Bootstrap/Monte Carlo κλπ. Από τον έλεγχο προέκυψε ότι υπάρχει εποχικότητα σε όλες τις χρονοσειρές που εξετάστηκαν.



Εικόνα 4.8: Απεικόνιση διαγράμματος συντελεστή αυτοσυσχέτισης

Στατιστική ανάλυση

Τέλος, κατά την προετοιμασία της κάθε χρονοσειράς είναι σημαντικό να εκτελούνται διάφοροι στατιστικοί έλεγχοι ώστε να δημιουργείται μία καλύτερη εικόνα για τα δεδομένα. Η βασική στατιστική ανάλυση μίας χρονοσειράς [18] περιλαμβάνει τον υπολογισμό της μέσης τιμής, της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής, την τυπική απόκλιση, την διακύμανση και τον υπολογισμό του ρυθμού ανάπτυξης. Ο υπολογισμός όλων των παραπάνω τιμών, στην παρούσα εργασία, γίνεται είτε με την εντολή `summary()` στην γλώσσα προγραμματισμού R είτε εφαρμόζοντας απευθείας του μαθηματικούς τύπους.

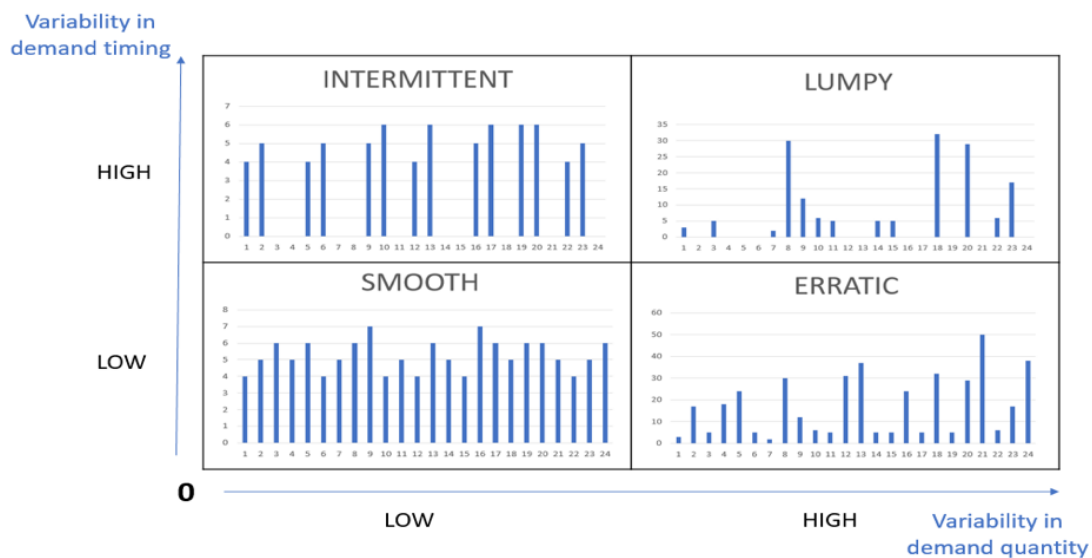
Απαραίτητος επίσης θεωρείται ο υπολογισμός του δείκτη ADI [19] όπου εκφράζει την μέση τιμή του διαστήματος μεταξύ ζητήσεων και ο υπολογισμός του τετραγώνου του συντελεστή μεταβλητότητας (cv^2) [19] όπου μετρά την διακύμανση των ποσοτήτων που ζητήθηκαν. Ο υπολογισμός των δύο αυτών δεικτών έγινε μέσω αλγορίθμου στην γλώσσα προγραμματισμού R και ουσιαστικά επιτρέπει την κατηγοριοποίηση της κάθε χρονοσειράς. Η κατηγοριοποίηση μιας χρονοσειράς με την χρήση αυτών των δύο τιμών, δείχνει ουσιαστικά πόσο αξιόπιστα θα είναι τα αποτελέσματα της πρόβλεψης. Βάση των παραπάνω οι χρονοσειρές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε [19] :

- Ομαλές (Smooth) : Η ζήτηση είναι συνεχής και οι ποσότητες δεν διαφέρουν σημαντικά.
- Διακοπτόμενης ζήτησης (Intermittent) : Η ζήτηση δεν είναι συνεχής, όμως οι ποσότητες δεν διαφέρουν σημαντικά.
- Ασταθής (Erratic) : Η ζήτηση είναι συνεχής αλλά οι ποσότητες διαφέρουν σημαντικά.
- Πολύ ασταθής (Lumpy) : Η ζήτηση δεν είναι συνεχής και οι ποσότητες διαφέρουν σημαντικά.

Η κατηγοριοποίηση γίνεται με βάση τον παρακάτω πίνακα [19] :

Type of demand	ADI	cv^2
Smooth	$<1,32$	$<0,49$
Intermittent	$\geq 1,32$	$<0,49$
Erratic	$<1,32$	$\geq 0,49$
Lumpy	$\geq 1,32$	$\geq 0,49$

Πίνακας 4.3: Κατηγοριοποίηση χρονοσειρών βάση στατιστικών δεικτών



Εικόνα 4.9: Κατηγοριοποίηση χρονοσειρών βάση στατιστικών δεικτών

Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η πρόβλεψη θεωρείται εύκολη και αξιόπιστη σε μία Smooth χρονοσειρά, ενώ πρακτικά αδύνατη σε μία χρονοσειρά πολύ ασταθής. Στην παρούσα εργασία, οι χρονοσειρές που εξετάστηκαν και που αφορούν τις πωλήσεις λεβήτων φυσικού αερίου, τοπικών κλιματιστικών μονάδων και θερμαντικών σωμάτων κατηγοριοποιήθηκαν ως ομαλές και ως εκ τούτου αναμένεται το σφάλμα

πρόβλεψης να είναι πολύ μικρό. Εν αντιθέσει, οι χρονοσειρές που αφορούν τις πωλήσεις αντλιών θερμότητας (αέρος-αέρος & αέρος-νερού) βρέθηκαν ασταθής και αναμένεται να υπάρξει μεγαλύτερο συγκριτικά σφάλμα πρόβλεψης.

4.4 Επιλογή μεθόδων πρόβλεψης

Το επόμενο βήμα και πλέον σημαντικό στην διαδικασία της πρόβλεψης, είναι η επιλογή των μεθόδων που θα εφαρμοστούν στα δεδομένα ώστε να εκτιμηθούν οι μελλοντικές τιμές των χρονοσειρών με το μικρότερο πιθανό σφάλμα. Οι μέθοδοι πρόβλεψης, κατηγοριοποιούνται σε στατιστικές προβλέψεις, κριτικές προβλέψεις, προβλέψεις προϋπολογισμού και τελικές προβλέψεις και επιλέγονται ανάλογα με τον σκοπό που θα εξυπηρετήσουν.

Οι στατιστικές μέθοδοι πρόβλεψης, οι οποίες και εξετάζονται στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, πλεονεκτούν καθώς είναι άμεσα εφαρμόσιμες, είναι αρκετά ακριβής, δεν προϋποθέτουν τεχνικές και στατιστικές γνώσεις και τέλος, απαιτούν ελάχιστο χρόνο και υπολογιστικούς πόρους. Η επιλογή των καταλληλότερων μεθόδων, γίνεται με τα εξής δύο κριτήρια :

1. Ποιος είναι ο ορίζοντας πρόβλεψης;
2. Ποιος είναι ο τύπος των δεδομένων;

Για παράδειγμα, εάν κάποιος εξέταζε μια χρονοσειρά όπου η ζήτηση είναι σποραδική [20], η εφαρμογή μίας μεθόδου εκθετικής εξομάλυνσης όπου δίνεται μεγαλύτερο βάρος στα πιο πρόσφατα δεδομένα, δεν θα παρουσίαζε αξιόπιστα αποτελέσματα συγκριτικά με την μέθοδο Croston ή την μέθοδο ADIDA.

Λαμβάνοντας υπόψη τον βραχυπρόθεσμο ορίζοντα πρόβλεψης και τα διαθέσιμα δεδομένα, στα πλαίσια της εργασίας, επιλέχθηκε η εφαρμογή δύο παραλλαγών της μεθόδου πρόβλεψης ADIDA και τέσσερις μέθοδοι εκθετικής εξομάλυνσης. Η μέθοδος ADIDA επιλέχθηκε καθώς όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο βασίζεται στην συνάθροιση των δεδομένων και επομένως μειώνει την διακύμανση. Με αυτό τον τρόπο αναμένεται να δημιουργήσει προβλέψεις με πολύ μικρό σφάλμα, ιδιαίτερα στις ασταθής χρονοσειρές των πωλήσεων αντλιών θερμότητας. Παράλληλα, οι μέθοδοι εκθετικής εξομάλυνσης επιλέχθηκαν καθώς ενδείκνυνται για βραχυπρόθεσμες προβλέψεις και είναι εξαιρετικά ακριβής ενώ απαιτούν ελάχιστα ιστορικά δεδομένα.

Συγκεκριμένα, θα εφαρμοστούν :

- Μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης σταθερού επιπέδου (SES)
- Μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης γραμμικής τάσης (HOLT)
- Μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης μη γραμμικής τάσης (DAMPED)
- Μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης εκθετικής τάσης
- Μέθοδος ADIDA σε συνδυασμό με SES
- Μέθοδος ADIDA σε συνδυασμό με HOLT

Ο ορίζοντας πρόβλεψης για κάθε μία από τις παραπάνω μεθόδους θα είναι τρεις (3) μήνες.

4.5 Εφαρμογή και αξιολόγηση μεθόδων πρόβλεψης

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, αποφασίστηκε η εφαρμογή 6 διαφορετικών μεθόδων πρόβλεψης στα διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα. Οι 6 αυτές μέθοδοι, θα εφαρμοστούν στις χρονοσειρές ώστε να προβλεφθούν οι μελλοντικές πωλήσεις των προϊόντων που εξετάζονται στον βραχυπρόθεσμο ορίζοντα τριών μηνών και συγκεκριμένα για τον Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο του 2024. Είναι κατανοητό, καθώς τα αποτελέσματα κάθε μεθόδου αναμένεται να διαφέρουν μεταξύ τους, πέραν της εφαρμογής να γίνει και σωστή αξιολόγηση ώστε να επιλεχθεί η μέθοδος η οποία έδειξε να προσαρμόζεται καλύτερα στα διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα πωλήσεων.

Για τον λόγο αυτό έχει ακολουθηθεί η εξής διαδικασία :

1. Ένα μέρος των διαθέσιμων ιστορικών δεδομένων θα θεωρηθούν «γνωστά», θα αποτελέσουν το σύνολο δεδομένων εκμάθησης ή αλλιώς training set και ουσιαστικά σε αυτά θα εφαρμοστούν οι μέθοδοι πρόβλεψης.
2. Τα αποτελέσματα των μεθόδων θα συγκρίνονται με τα δεδομένα που δεν εισήχθησαν στο πρόβλημα και που ήδη γνωρίζουμε, τα οποία αποτελούν τα δεδομένα αξιολόγησης ή αλλιώς validation set, ώστε να υπολογιστεί το σφάλμα της πρόβλεψης της κάθε μεθόδου.
3. Η μέθοδος η οποία εμφάνισε το μικρότερο σφάλμα πρόβλεψης θα επιλεχθεί ως η πιο αξιόπιστη.

Η διαδικασία θα επαναληφθεί στα διαθέσιμα δεδομένα θεωρώντας κάθε φορά περισσότερα δεδομένα γνωστά ώστε να ελεγχθεί επανειλημμένως η ακρίβεια της κάθε μεθόδου πρόβλεψης.

Συγκεκριμένα, από το σύνολο των διαθέσιμων 60 παρατηρήσεων (μηνιαίες πωλήσεις από 1/2019 έως και 12/2023) κατά τον πρώτο έλεγχο θα θεωρηθούν γνωστές μόνο οι 48 πρώτες παρατηρήσεις (1/2019 – 12/2022). Από την εφαρμογή των μεθόδων πρόβλεψης θα προκύψουν προβλέψεις για τους επόμενους τρεις μήνες και συγκεκριμένα για 1/2023 έως και 3/2023. Καθώς οι πραγματικές τιμές για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα είναι ήδη γνωστές, θα υπολογιστεί το σφάλμα για κάθε μέθοδο πρόβλεψης. Η παραπάνω διαδικασία θα εκτελεστεί διαδοχικά άλλες τέσσερις φορές ώστε να προκύψουν οι προβλέψεις για το χρονικό διάστημα 1/2024 – 3/2024 όπου και εξετάζεται στα πλαίσια της εργασίας.

Για τον έλεγχο της ακρίβειας της κάθε μεθόδου, θα υπολογίζεται σε κάθε στάδιο η ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE). Στο τέλος, η μέθοδος η οποία εμφανίζει κατά μέσο όρο το μικρότερο RMSE θα θεωρηθεί η πιο αξιόπιστη για την παραγωγή προβλέψεων.

4.6 Εποχικοποίηση προβλέψεων

Προηγουμένως αναφέρθηκε ότι όλες οι χρονοσειρές που εξετάζονται είναι εποχιακές και ως εκ τούτου πριν την εφαρμογή των μεθόδων πρόβλεψης έγινε απαλοιφή του εποχιακού παράγοντα με την μέθοδο της αποεποχικοποίησης. Τα αποτελέσματα των μεθόδων που εφαρμόστηκαν, οι προβλεφθείσες δηλαδή τιμές, θα είναι επίσης απαλλαγμένες από τον εποχιακό παράγοντα. Για να είναι η κάθε πρόβλεψη ακριβής, θα γίνει εποχικοποίηση των αποτελεσμάτων εφαρμόζοντας με αντίστροφη λογική την διαδικασία που ακολουθήθηκε κατά την αποεποχικοποίηση των χρονοσειρών.

Ουσιαστικά τα αποτελέσματα των μεθόδων πρόβλεψης θα πολλαπλασιαστούν με τον δείκτη εποχικότητας της αντίστοιχης περιόδου, ώστε να προκύψουν τα τελικά αποτελέσματα.

4.7 Ανάλυση top-down

Στην ενότητα 4.2 έγινε σαφής αναφορά ότι οι μέθοδοι πρόβλεψης δεν θα εφαρμοστούν ξεχωριστά σε κάθε κωδικό της κάθε κατηγορίας, αλλά στο σύνολο της κατηγορίας και στο τέλος τα αποτελέσματα θα επιμεριστούν στο σύνολο των κωδικών. Ο επιμερισμός θα γίνει με βάση τις ποσοστιαίες πωλήσεις του κάθε κωδικού για το σύνολο των διαθέσιμων ιστορικών δεδομένων. Εξαίρεση θα αποτελέσει η χρονοσειρά πωλήσεων των λεβήτων φυσικού αερίου, όπου για τον

επιμερισμό θα χρησιμοποιηθούν οι ποσοστιαίες πωλήσεις μόνο των πρώτων τεσσάρων ετών και όχι του πέμπτου έτους.

Ο λόγος είναι ότι λόγω έλλειψης πρώτων υλών, κατά το 5^ο έτος παρουσιάστηκε έλλειψη στον Λέβητα 1. Η επιχείρηση αποφάσισε να μειώσει προσωρινά την τιμή του Λέβητα 2 ώστε να μην απωλέσει πωλήσεις και να ικανοποιήσει τους πελάτες της, γεγονός που οδήγησε σε αύξηση των πωλήσεων του συγκεκριμένου κωδικού. Καθώς η ειδική αυτή συνθήκη δεν θα συνεχιστεί κατά το έτος 2024, αποφασίστηκε να μην ληφθεί υπόψη το τελευταίο έτος ώστε να μην επηρεαστούν τα αποτελέσματα.

Κεφάλαιο 5 – Μελέτη περίπτωσης

5.1 Παρουσίαση εταιρίας

Στο Κεφάλαιο 4 της εργασίας έγινε αναλυτική παρουσίαση της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε ώστε να προβλεφθούν οι μελλοντικές πωλήσεις των πέντε προϊόντικών κατηγοριών που εξετάζονται. Στις ενότητες που ακολουθούν, θα γίνει μία πιο αναλυτική παρουσίαση των χρονοσειρών που επιλέχθηκαν, καθώς επίσης και τον αποτελεσμάτων που εξήχθησαν σε κάθε στάδιο της έρευνας. Αρχικά όμως, κρίνεται σκόπιμο να γίνει μία σύντομη παρουσίαση της εταιρίας.

Η υπό εξέταση επιχείρηση είναι «Ανώνυμη Εταιρία» και δραστηριοποιείται 43 χρόνια στην ελληνική αγορά, στον κλάδο της Ψύξης – Θέρμανσης – Κλιματισμού. Παράλληλα και με γνώμονα την παροχή ολοκληρωμένων λύσεων προς τους συνεργάτες της, δραστηριοποιείται και σε παρεμφερείς κλάδους όπως η ηλιακή ενέργεια, η θέρμανση-ψύξη επιφανειών (πχ. Ενδοδαπέδια θέρμανση) και σε εμπόριο παρελκόμενου εξοπλισμού (πχ. Βάνες, θερμαντικά σώματα, βαλβίδες, αυτοματισμοί λεβητοστασίου κ. α.).

Η επιχείρηση είναι εμπορική και όχι βιομηχανική, συνεπώς δεν παράγει η ίδια τα προϊόντα που εμπορεύεται. Έχοντας συνάψει ισχυρές συνεργασίες, εισάγει και αντιπροσωπεύει στην Ελληνική αγορά προϊόντα από μεγάλους κατασκευαστικούς οίκους του εξωτερικού όπως της Ιταλίας, της Αυστρίας και της Γερμανίας. Η επιλογή των συνεργασιών γίνεται με γνώμονα την επιλογή τεχνολογικά εξελιγμένων και καινοτόμων προϊόντων και την υψηλή ποιότητα.

Η εταιρία, μέσω του τμήματος Πωλήσεων το οποίο απαρτίζουν εξειδικευμένοι μηχανικοί, διανέμει τα προϊόντα της στην Ελληνική αγορά. Τα κύρια κανάλια διανομής είναι καταστήματα, τεχνικά γραφεία – τεχνικές εταιρίες και εγκαταστάτες όπου δραστηριοποιούνται ανά την επικράτεια. Πέραν του τμήματος Πωλήσεων, η εταιρία διαθέτει τμήμα Τεχνικής Υποστήριξης, Λογιστηρίου, Εξυπηρέτησης Πελατών, Εφοδιαστικής Αλυσίδας και Αποθήκης. Όλα τα τμήματα της επιχείρησης συνεργάζονται αρμονικά με στόχο την παροχή, υψηλού επιπέδου, προϊόντων και υπηρεσιών.

5.2 Παρουσίαση Προϊόντων

Στα πλαίσια της εργασίας, εξετάζονται τα προϊόντα εκείνα τα οποία παρουσιάζουν τον μεγαλύτερο όγκο πωλήσεων, επομένως και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον της επιχείρησης να «προβλέψει» τις μελλοντικές πωλήσεις. Τα προϊόντα που εξετάζονται στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία είναι :

1. Λεβήτες φυσικού αερίου τεχνολογίας συμπύκνωσης
2. Αντλίες θερμότητας αέρος-νερού
3. Αντλίες θερμότητας αέρος-αέρος (κλιματιστικά split)
4. Τοπικές κλιματιστικές μονάδες «Fan coils» δαπέδου
5. Θερμαντικά σώματα τύπου πάνελ

Πριν γίνει αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων, θα γίνει μία σύντομη αναφορά στον τρόπο λειτουργίας των παραπάνω τεχνολογιών.

Λέβητας φυσικού αερίου τεχνολογίας συμπύκνωσης

Η αρχή λειτουργίας των λεβήτων φυσικού αερίου βασίζεται στην αρχή λειτουργίας όλων των συμβατικών συστημάτων θέρμανσης. Ουσιαστικά το καύσιμο αναφλέγεται ώστε να απελευθερωθεί η θερμογόνο δύναμη που εμπεριέχεται σε αυτό. Πρόκειται δηλαδή για την μετατροπή της χημικής ενέργειας του καυσίμου σε θερμική. Μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας, η θερμότητα που περικλείεται στα καυσαέρια, το αποτέλεσμα δηλαδή της καύσης, μεταφέρεται στο εργαζόμενο μέσο το οποίο σε οικιακές εφαρμογές είναι νερό. Μέσω του κυκλοφορητή νερού της εγκατάστασης το θερμό νερό μεταφέρεται στις εσωτερικές τερματικές μονάδες (πχ θερμαντικά σώματα) για την θέρμανση της κατοικίας.

Σε έναν λέβητα τεχνολογίας συμπύκνωσης, ουσιαστικά πέρα από την εκμετάλλευση της θερμικής ενέργειας που απελευθερώνεται κατά την καύση, αντλείται πρόσθετη ενέργεια από την συμπύκνωση των υδρατμών που περιέχονται στα καυσαέρια. Καθώς η ενέργεια αυτή στα συμβατικά συστήματα θέρμανσης «χάνεται», σε έναν λέβητα τεχνολογίας συμπύκνωσης μπορεί να αξιοποιηθεί πλήρως, επιτυγχάνοντας βαθμό απόδοσης έως και 99% και συγκαταλέγοντας πλέον την συγκεκριμένη τεχνολογία στις πιο αποδοτικές τεχνολογίες θέρμανσης.

Αντλία θερμότητας

Με τον όρο «αντλίες θερμότητας» αναφερόμαστε σε μία συσκευή η οποία έχει την δυνατότητα να αντιστρέψει την φυσική ροή θερμότητας. Σύμφωνα με τους νόμους

της θερμοδυναμικής η θερμική ενέργεια μεταφέρεται από ένα σώμα υψηλής θερμοκρασίας σε ένα σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας. Η αντλία θερμότητας μπορεί, μέσω του ψυκτικού κύκλου, να αντιστρέψει αυτή την φυσική ροή και ουσιαστικά να μεταφέρει θερμότητα από το σώμα χαμηλής θερμοκρασίας στο σώμα υψηλής θερμοκρασίας.

Μέσω της συγκεκριμένης τεχνολογίας και εξελιγμένου μηχανολογικού εξοπλισμού, ουσιαστικά μπορούμε να επιτύχουμε την θέρμανση μιας κατοικίας μέσω της μεταφοράς της θερμικής ενέργειας που βρίσκεται «δωρεάν» στο περιβάλλον, στον χώρο μας. Αντίστοιχα μπορούμε να ψύξουμε έναν χώρο μέσω της μεταφοράς της θερμικής ενέργειας που βρίσκεται μέσα στην κατοικία μας κατά την θερινή περίοδο, στο εξωτερικό περιβάλλον. Η συγκεκριμένη τεχνολογία λανθασμένα θεωρείται νέα, καθώς εφαρμόζεται για πάνω από 100 χρόνια. Είναι η ίδια τεχνολογία μάλιστα που εφαρμόζεται και στα ψυγεία όπου ο καθένας έχει στο σπίτι του και που ουσιαστικά η αντλία θερμότητας που περιλαμβάνεται στην συσκευή μεταφέρει θερμότητα από το εσωτερικό του ψυγείου μας στον χώρο, για να διατηρήσει χαμηλές θερμοκρασίες στο εσωτερικό του. Χάρη στην τεχνολογία που εφαρμόζουν, ο ετήσιος βαθμός απόδοσης μίας αντλίας θερμότητας υπερβαίνει το 450 %.

Ανάλογα με την πηγή από την οποία μεταφέρουν την θερμότητα και την πηγή στην οποία την αποδίδουν, οι αντλίες θερμότητας χωρίζονται σε αέρος-νερού, νερού-νερού και αέρος-αέρος. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα εξεταστούν μόνο οι αντλίες θερμότητας αέρους-νερού και οι αντλίες θερμότητας αέρος-αέρος ή αλλιώς και τα γνωστά σε όλους μας κλιματιστικά.

Θερμαντικά σώματα πάνελ

Τα θερμαντικά σώματα τύπου πάνελ αποτελούν την πιο διαδεδομένη μορφή τερματικών μονάδων ενός συστήματος θέρμανσης. Η αρχή λειτουργίας των θερμαντικών σωμάτων είναι ιδιαίτερα απλή, καθώς ουσιαστικά διαρρέονται από ζεστό νερό και μεταφέρουν θερμότητα στον χώρο μέσω ακτινοβολίας.

Τοπική κλιματιστική μονάδα Fan Coil

Τα fan coils ή αλλιώς οι τοπικές κλιματιστικές μονάδες, είναι τερματικές μονάδες οι οποίες συνδέονται στο κεντρικό σύστημα νερού (όπως τα θερμαντικά σώματα) για την θέρμανση ή την ψύξη μιας κατοικίας. Ουσιαστικά περιλαμβάνουν έναν εναλλάκτη αέρος-νερού όπου τροφοδοτούνται με νερό κατάλληλης θερμοκρασίας. Μέσω ενός ανεμιστήρα διανέμουν θερμό ή ψυχρό αέρα στον χώρο ώστε να επιτύχουν την

θέρμανση και αντίστοιχα την ψύξη του χώρου. Στην χρήση του ανεμιστήρα έγκειται και η βασική διαφορά των τοπικών κλιματιστικών μονάδων με τα κλασσικά θερμαντικά σώματα, τα οποία θερμαίνουν τον χώρο μέσω ακτινοβολίας.

Ανάλογα τον τρόπο εγκατάστασης τα fan coils χωρίζονται στις εξής κατηγορίες :

- Δαπέδου/Οροφής εμφανούς τοποθέτησης
- Δαπέδου/Οροφής κρυφής τοποθέτησης (σε ψευδοροφή ή γυψοσανίδα)
- Τοίχου (όπως τα γνωστά σε όλους κλιματιστικά)
- Κασσέτα οροφής

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα αναφερθούμε μόνο στις μονάδες δαπέδου εμφανούς τοποθέτησης.

5.3 Παρουσίαση χρονοσειρών

Στους παρακάτω πίνακες, παρατίθενται οι χρονοσειρές που εξετάστηκαν στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας. Οι χρονοσειρές περιέχουν τις μηνιαίες πωλήσεις των υπό εξέταση προϊόντικών κατηγοριών από τον Ιανουάριο του 2019 έως και τον Δεκέμβριο του 2023 (συνολικά 60 παρατηρήσεις ανά χρονοσειρά).

Τονίζεται ότι στους παρακάτω πίνακες δίνονται αθροιστικά οι πωλήσεις για το σύνολο της κάθε κατηγορίας και όχι ανά κωδικό ξεχωριστά. Οι αναλυτικοί πίνακες, παρατίθενται σε παράρτημα στο τέλος.

Πωλήσεις λεβήτων φυσικού αερίου

Περίοδος	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
2019	7	29	22	54	80	52	50	10	69	95	111	36
2020	45	42	14	20	23	59	57	14	50	97	66	56
2021	32	30	31	25	65	53	53	18	71	74	111	86
2022	29	52	57	17	38	48	33	7	19	24	29	36
2023	21	15	49	17	45	29	22	8	34	52	48	57

Πίνακας 5.1 : Πωλήσεις λεβήτων φυσικού αερίου

Πωλήσεις αντλιών θερμότητας αέρος-νερού

Περίοδος	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
2019		19	4	1	2	10	7	1	5	8	10	11
2020	5	4	2	2	6	7	9	3	11	12	16	7
2021	5	4	5	11	10	14	27	4	18	42	16	22

2022	16	12	6	17	12	20	15	6	28	21	31	36
2023	12	16	33	8	6	31	13	6	14	29	11	19

Πίνακας 5.2 : Πωλήσεις αντλιών θερμότητας αέρος/νερού

Πωλήσεις αντλιών θερμότητας αέρος-αέρος

Περίοδος	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
2019	17	2	13	15	21	36	47	6	27	9	5	16
2020	12	28	15	1	29	28	38	10	20	18	12	8
2021	3	6	5	12	4	28	36	24	17	28	17	7
2022	1	7	2	9	22	36	13	6	22	14	8	6
2023	8	10	3	14	20	17	69	10	21	11	10	9

Πίνακας 5.3 : Πωλήσεις αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος

Πωλήσεις τοπικών κλιματιστικών μονάδων fan coil

Περίοδος	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
2019	65	18	39	38	24	35	67	7	12	44	30	41
2020	11	29	23	30	38	32	114	23	61	59	57	85
2021	28	4	29	33	38	75	87	22	43	119	158	81
2022	31	93	60	60	69	88	86	42	98	133	76	123
2023	83	51	80	62	24	73	70	26	46	69	71	65

Πίνακας 5.4 : Πωλήσεις τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Πωλήσεις θερμαντικών σωμάτων τύπου πάνελ

Περίοδος	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
2019	84	52	29	38	77	41	56	19	113	137	100	93
2020	84	71	38	27	45	72	73	61	90	152	141	109
2021	81	45	55	40	93	107	80	51	105	166	228	81
2022	27	55	99	47	95	56	66	27	52	144	119	115
2023	48	59	36	72	73	75	76	23	80	96	120	124

Πίνακας 5.5 : Πωλήσεις θερμαντικών σωμάτων

5.4 Αποτελέσματα προσαρμογής δεδομένων

Στην προηγούμενη ενότητα αναφέρθηκαν τα στάδια προσαρμογής των δεδομένων του προβλήματος, τα οποία είναι :

- Απεικόνιση χρονοσειρών
- Διαχείριση κενών ή μηδενικών τιμών

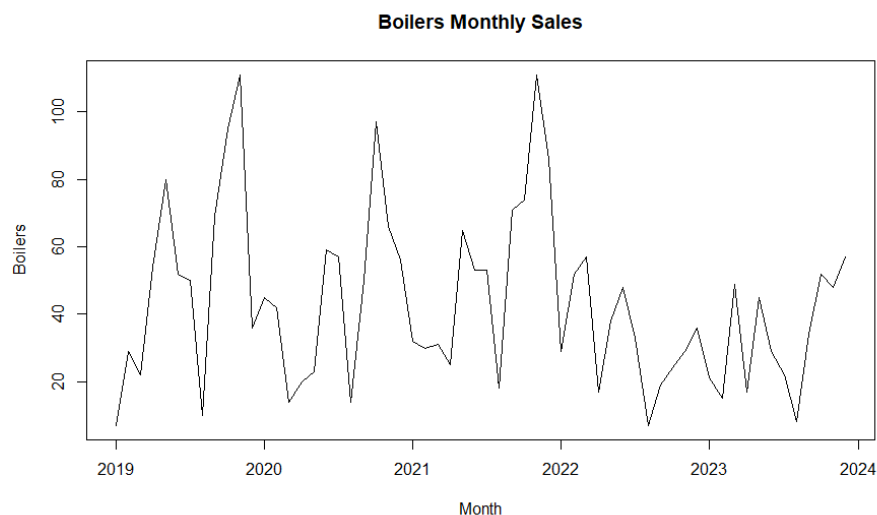
- Διαχείριση ειδικών γεγονότων
- Αποσύνθεση χρονοσειρών – Υπολογισμός λόγων εποχικότητας
- Στατιστική ανάλυση

Κατά την ανάλυση των δεδομένων δεν βρέθηκαν κενές ή μηδενικές τιμές και ειδικά γεγονότα.

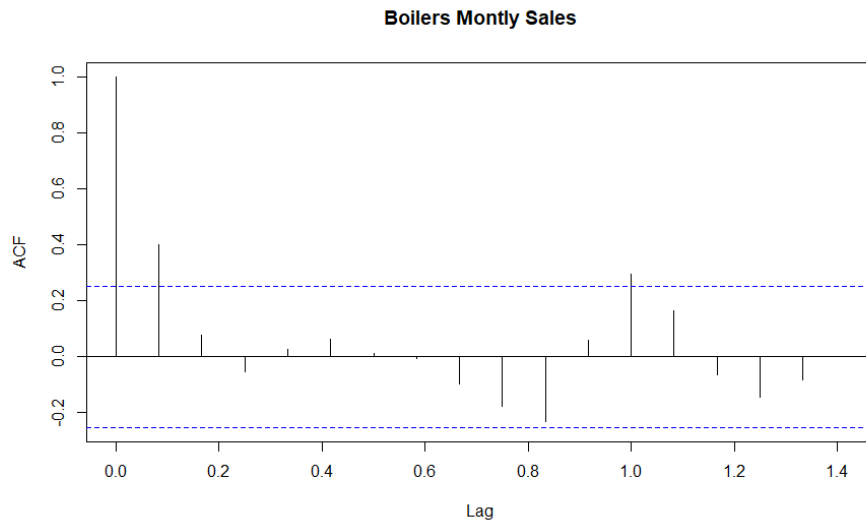
5.4.1 Απεικόνιση χρονοσειρών

Παρακάτω παρατίθενται οι γραφικές απεικονίσεις των χρονοσειρών που εξετάζονται στα πλαίσια της εργασίας, καθώς επίσης και το διάγραμμα του συντελεστή αυτο-συσχέτισης (ACF – Autocorrelation Factor) που βοηθά στην εκτίμηση της εποχικότητας μίας χρονοσειράς :

Γραφική απεικόνιση πωλήσεων λεβήτων φυσικού αερίου

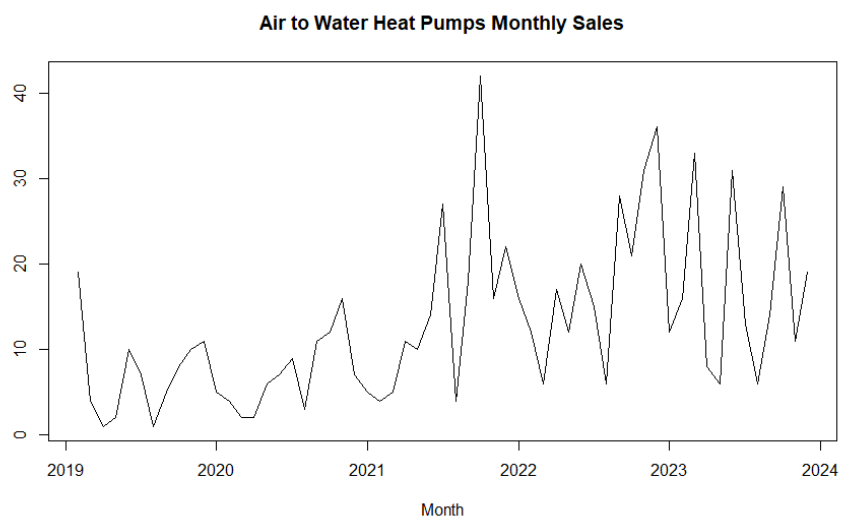


Εικόνα 5.1: Χρονοσειρά πωλήσεων λεβήτων φυσικού αερίου

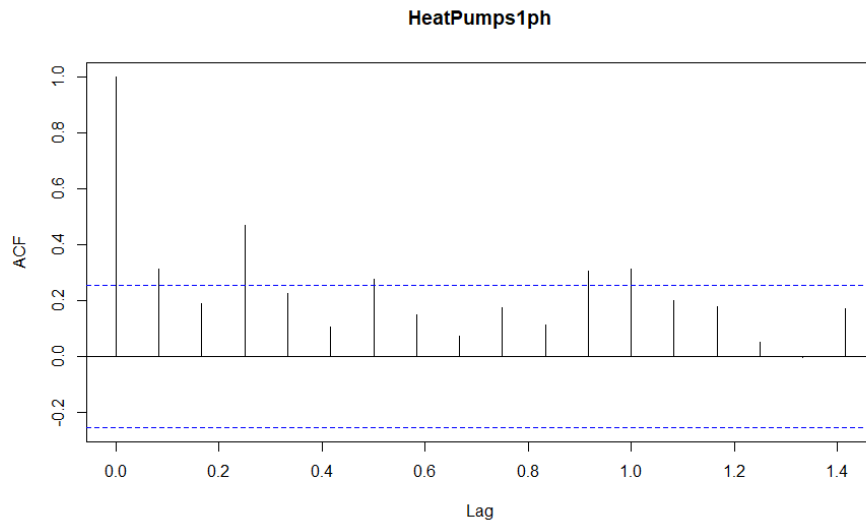


Εικόνα 5.2 : Διάγραμμα ACF χρονοσειράς πωλήσεων λεβήτων φυσικού αερίου

Γραφική απεικόνιση πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος-νερού

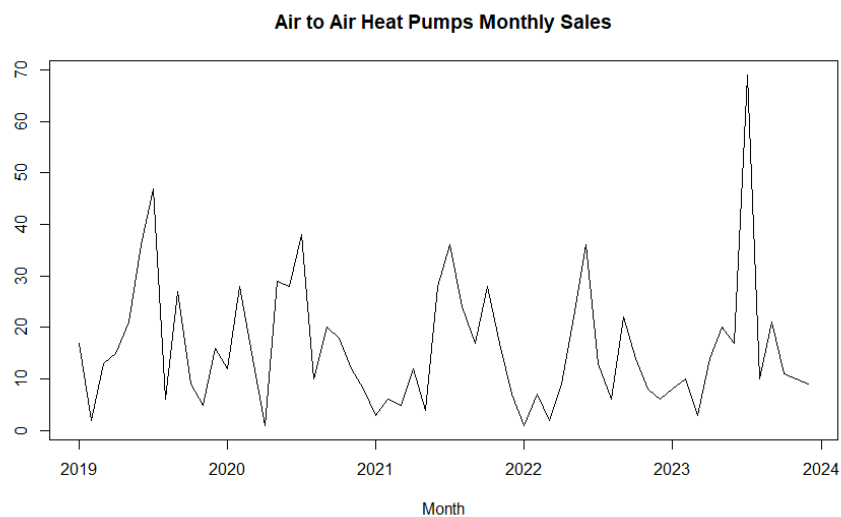


Εικόνα 5.3 : Χρονοσειρά πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/νερού

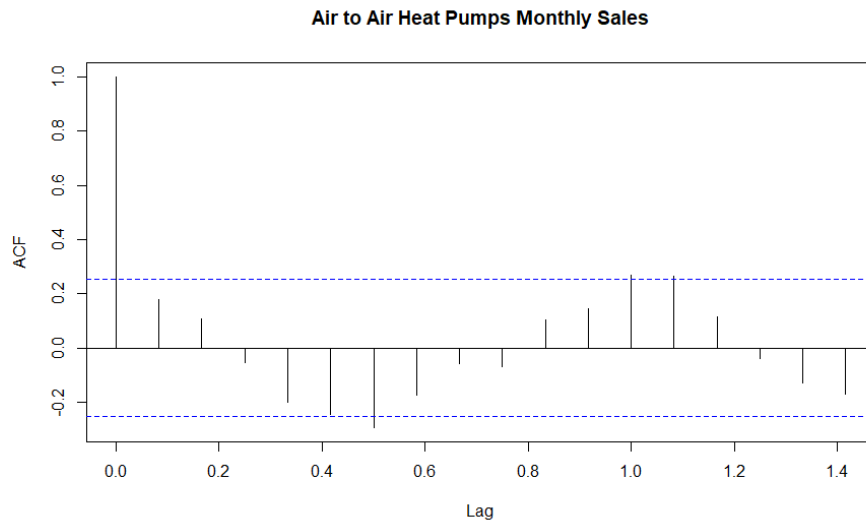


Εικόνα 5.4 : Διάγραμμα ACF χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/νερού

Γραφική απεικόνιση πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος-αέρος

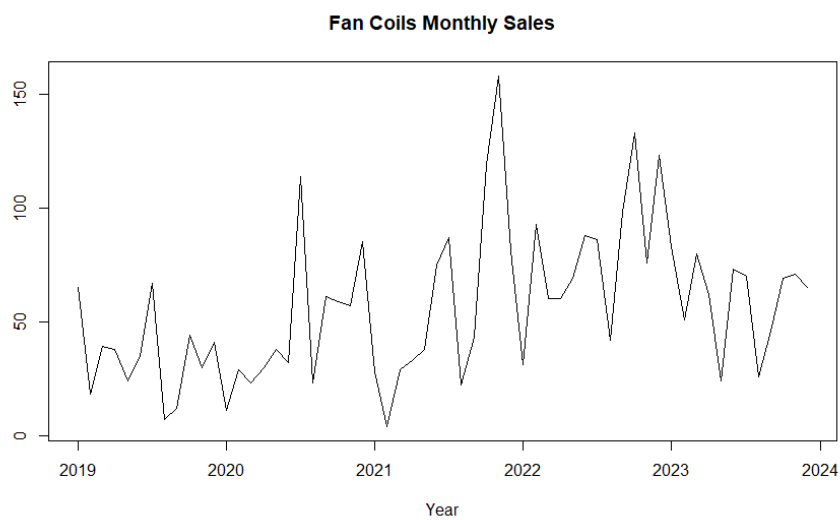


Εικόνα 5.5 : Χρονοσειρά πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος

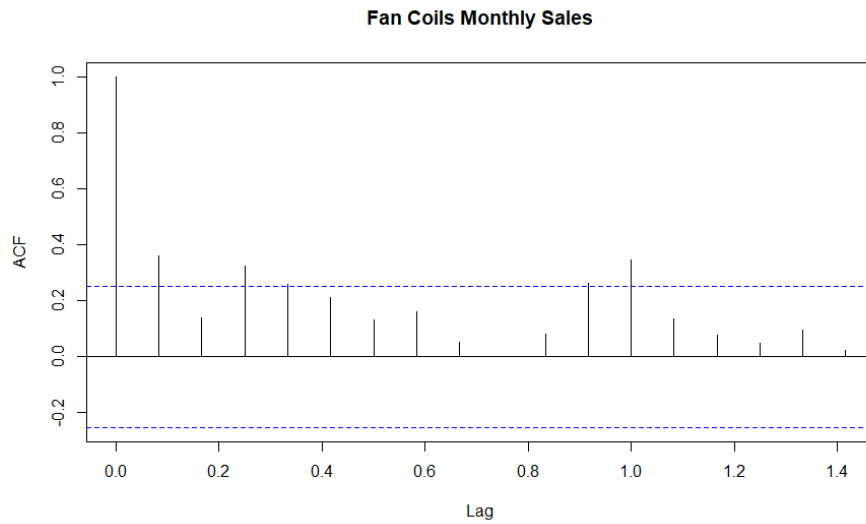


Εικόνα 5.6 : Διάγραμμα ACF χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος

Γραφική απεικόνιση πωλήσεων τοπικών κλιματιστικών μονάδων fan coil

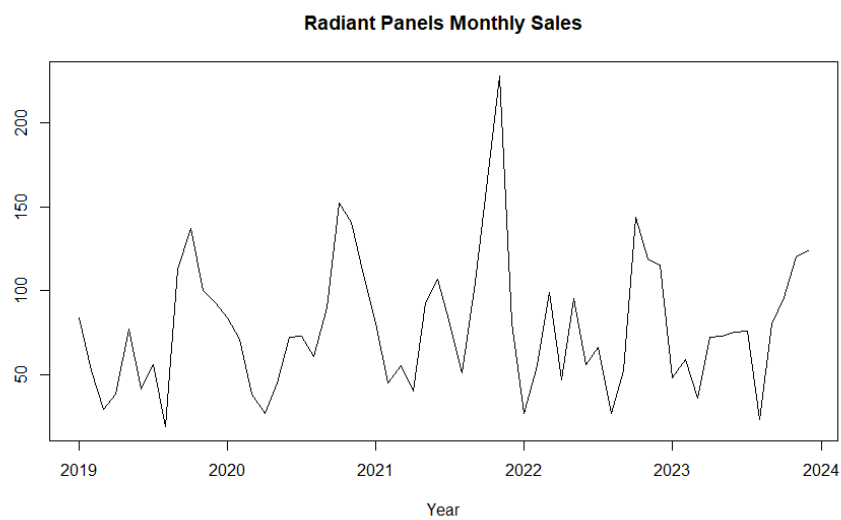


Εικόνα 5.7 : Χρονοσειρά πωλήσεων τοπικών κλιματιστικών μονάδων

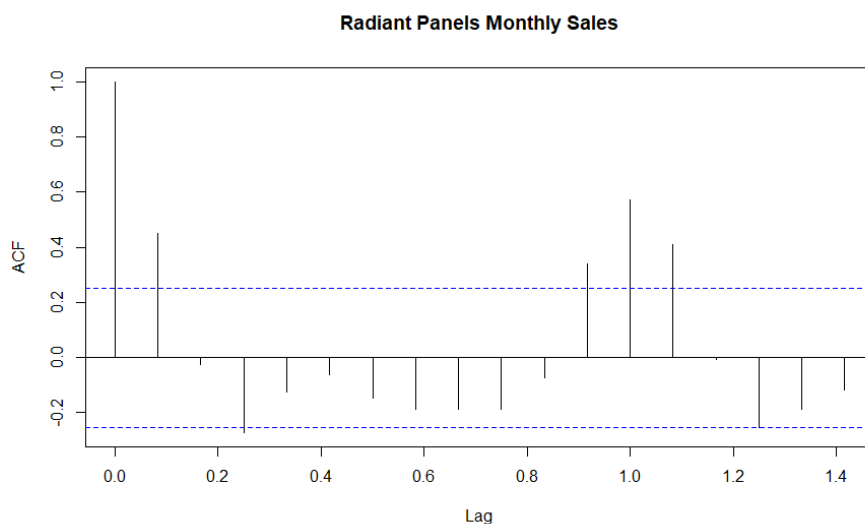


Εικόνα 5.8: Διάγραμμα ACF χρονοσειράς πωλήσεων τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Γραφική απεικόνιση πωλήσεων θερμαντικών σωμάτων τύπου πάνελ



Εικόνα 5.9 : Χρονοσειρά πωλήσεων θερμαντικών σωμάτων

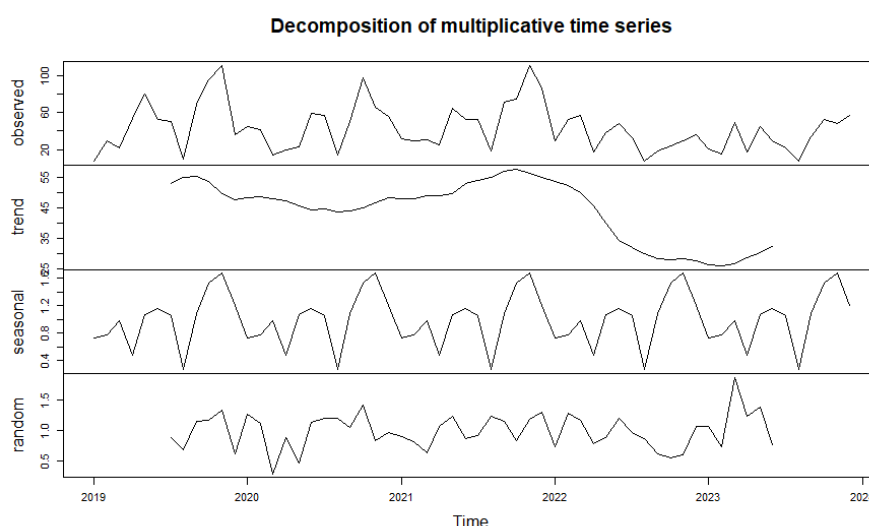


Εικόνα 5.10 : Διάγραμμα ACF χρονοσειράς πωλήσεων θερμαντικών σωμάτων

5.4.2 Παρουσίαση διαγραμμάτων αποσύνθεσης

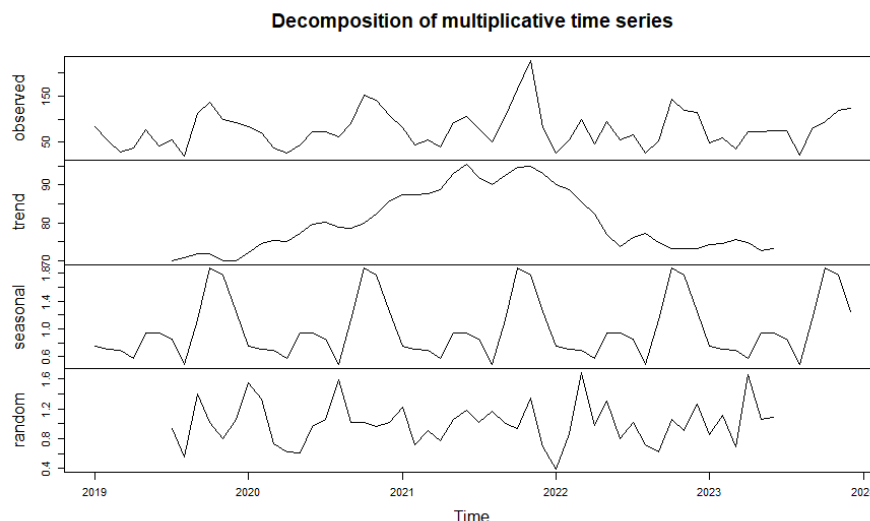
Η αποσύνθεση των χρονοσειρών έγινε με την συνάρτηση `decompose()` στην γλώσσα προγραμματισμού R. Με την συνάρτηση `plot()` δημιουργήθηκαν τα παρακάτω γραφήματα όπου απεικονίζεται η αρχική χρονοσειρά (observed) καθώς επίσης και οι τρεις βασικές συνιστώσες της, δηλαδή η τάση (trend), η εποχικότητα (seasonal) και ο θόρυβος-τυχαιότητα (random). Παρακάτω παρατίθενται ενδεικτικά τα γραφήματα αποσύνθεσης για κάποιες κατηγορίες :

Λέβητες φυσικού αερίου



Εικόνα 5.11 : Διάγραμμα αποσύνθεσης χρονοσειράς λεβήτων φυσικού αερίου

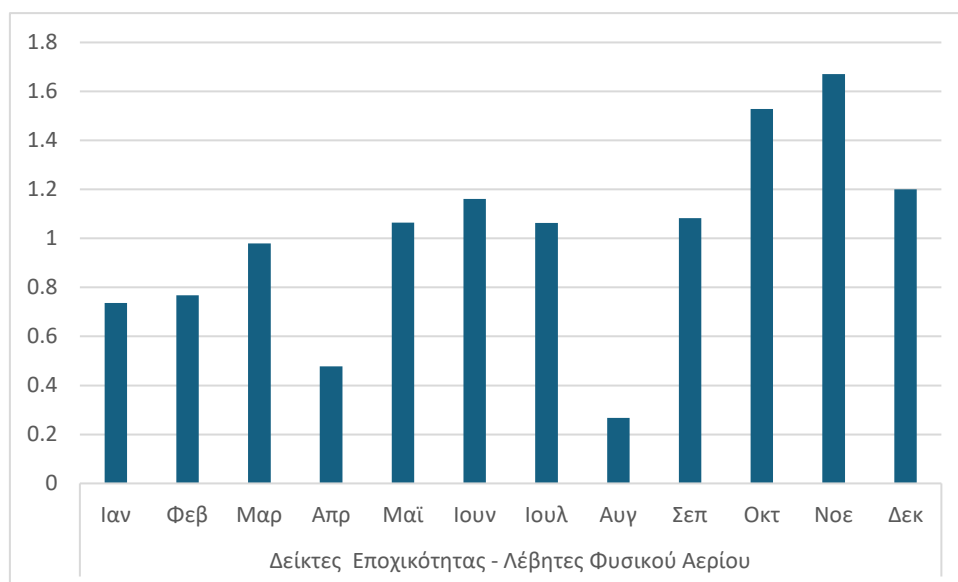
Θερμαντικά σώματα πάνελ



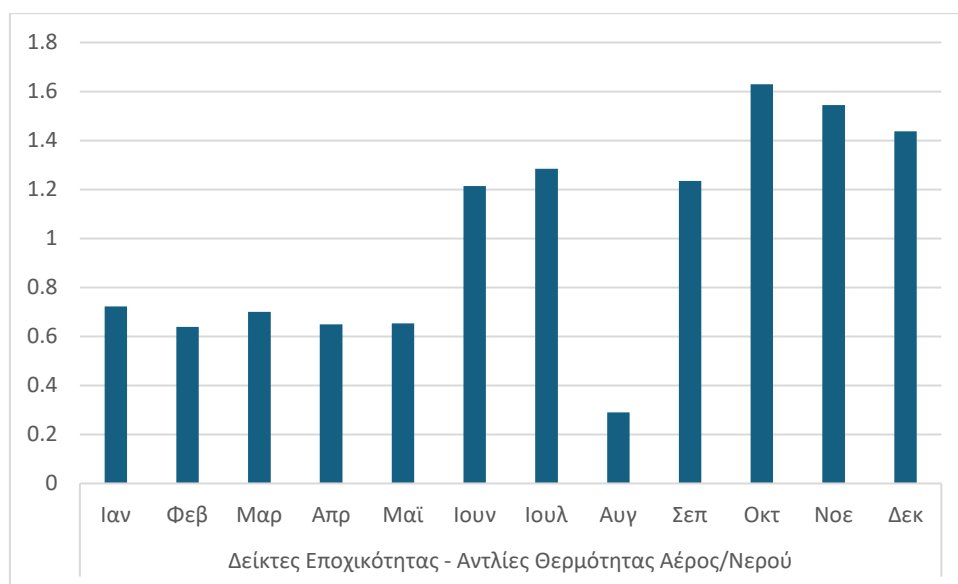
Εικόνα 5.12 : Διάγραμμα αποσύνθεσης χρονοσειράς θερμαντικών σωμάτων

5.4.3 Παρουσίαση δεικτών εποχικότητας

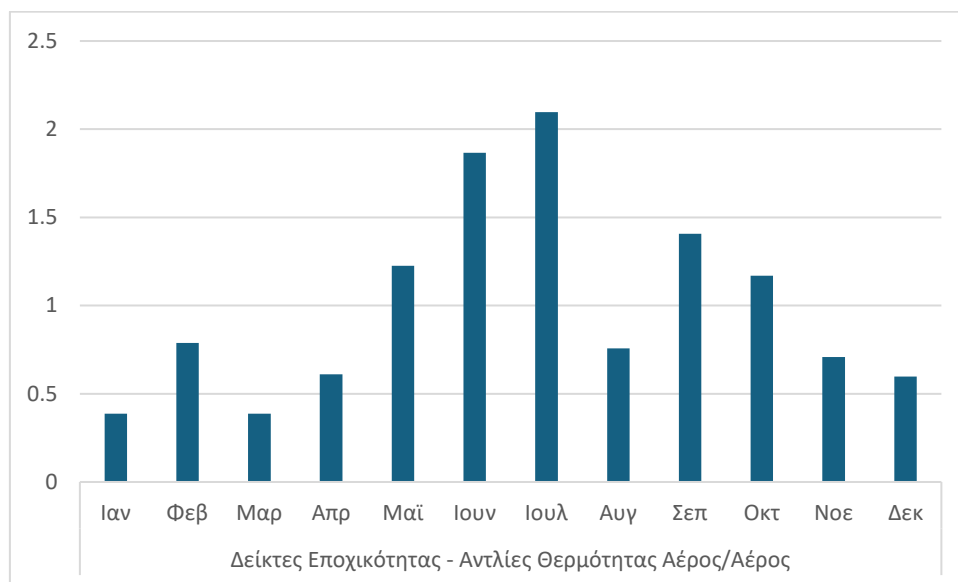
Έχοντας αποσυνθέσει την κάθε χρονοσειρά, είναι εφικτή η απομόνωση των δεικτών εποχικότητας, οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της αποεποχικοποιημένης χρονοσειράς. Οι δείκτες εποχικότητας, για κάθε χρονοσειρά, παρουσιάζονται στα παρακάτω γραφήματα :



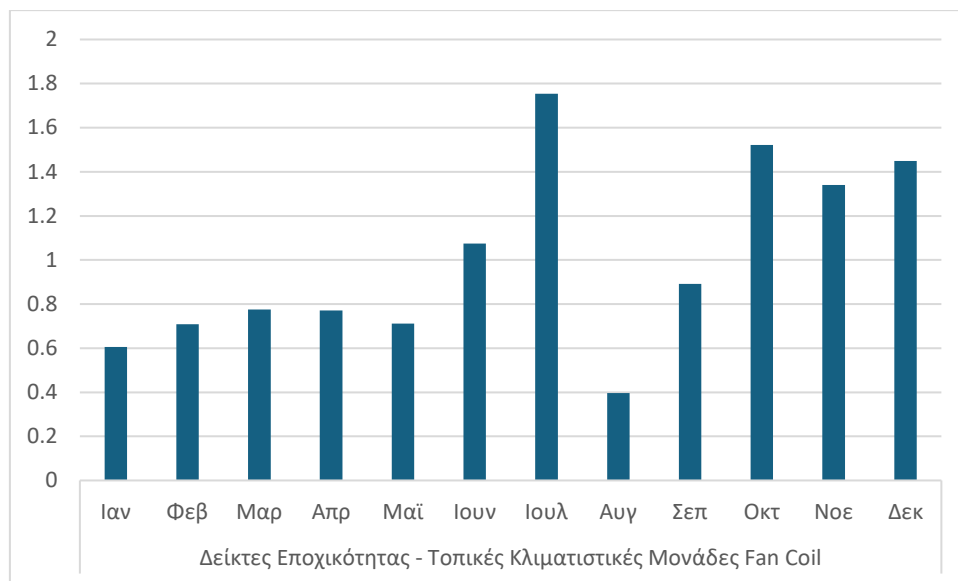
Εικόνα 5.13 : Δείκτες εποχικότητας χρονοσειράς πωλήσεων λεβήτων φυσικού αερίου



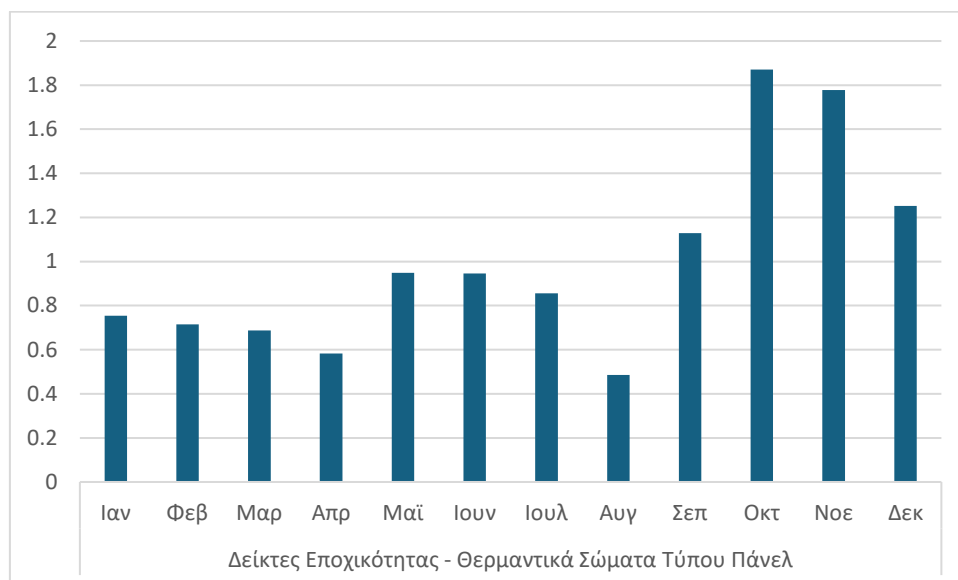
Εικόνα 5.14 : Δείκτες εποχικότητας χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/νερού



Εικόνα 5.15 : Δείκτες εποχικότητας χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος



Εικόνα 5.16 : Δείκτες εποχικότητας χρονοσειράς πωλήσεων τοπικών κλιματιστικών μονάδων

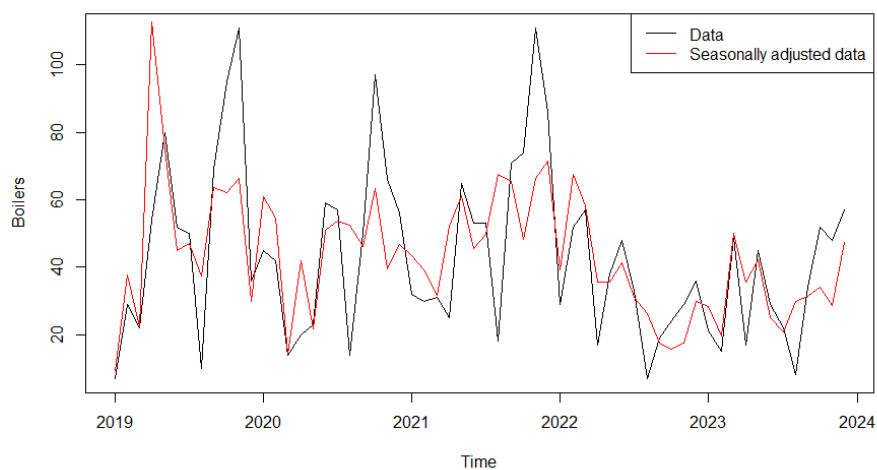


Εικόνα 5.17 : Δείκτες εποχικότητας χρονοσειράς πωλήσεων θερμαντικών σωμάτων

5.4.4 Παρουσίαση αποεποχικοποιημένων χρονοσειρών

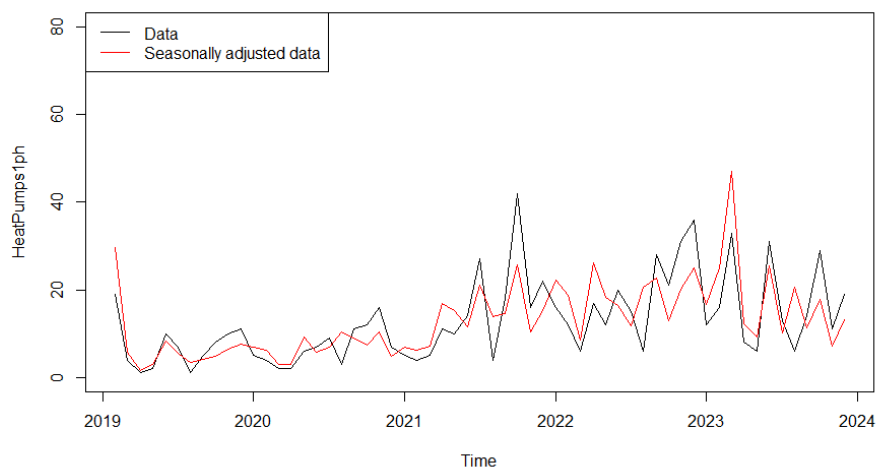
Για τον υπολογισμό της αποεποχικοποιημένης χρονοσειράς της κάθε κατηγορίας που εξετάζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία, απαιτείται να διαιρεθεί η κάθε παρατήρηση με τον δείκτη εποχικότητας της αντίστοιχης περιόδου. Στα επόμενα γραφήματα παρουσιάζονται οι αρχικές χρονοσειρές (μαύρη γραμμή) σε σύγκριση με τις νέες αποεποχικοποιημένες χρονοσειρές που προκύπτουν (κόκκινη γραμμή).

Λέβητες αερίου



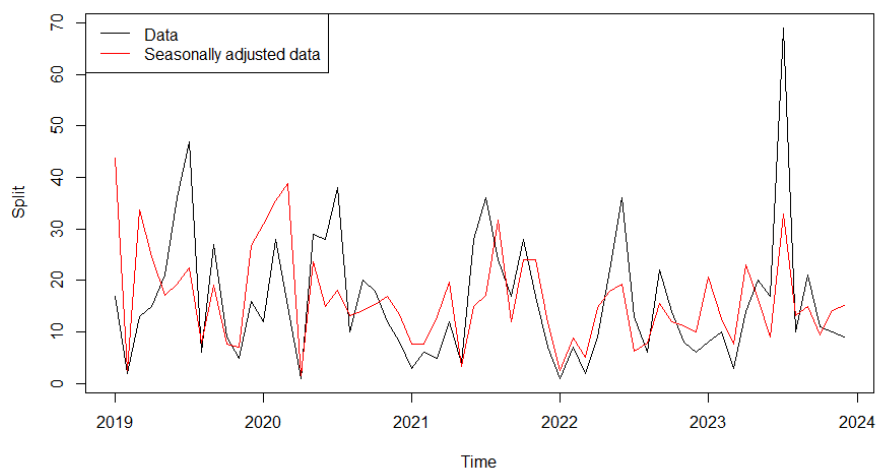
Εικόνα 5.18 : Σύγκριση αρχικής και αποεποχικοποιημένης χρονοσειράς πωλήσεων λεβήτων φυσικού αερίου

Αντλίες θερμότητας αέρος νερού



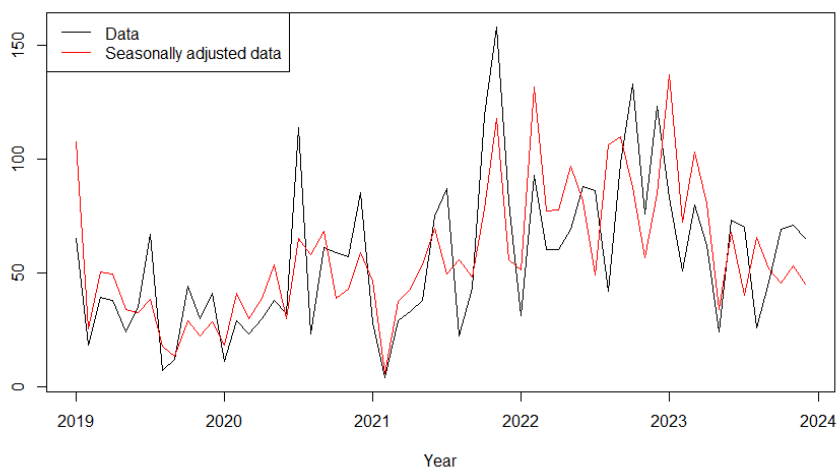
Εικόνα 5.19 : Σύγκριση αρχικής και αποεποχικοποιημένης χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/νερού

Αντλίες θερμότητας Αέρος-Αέρος



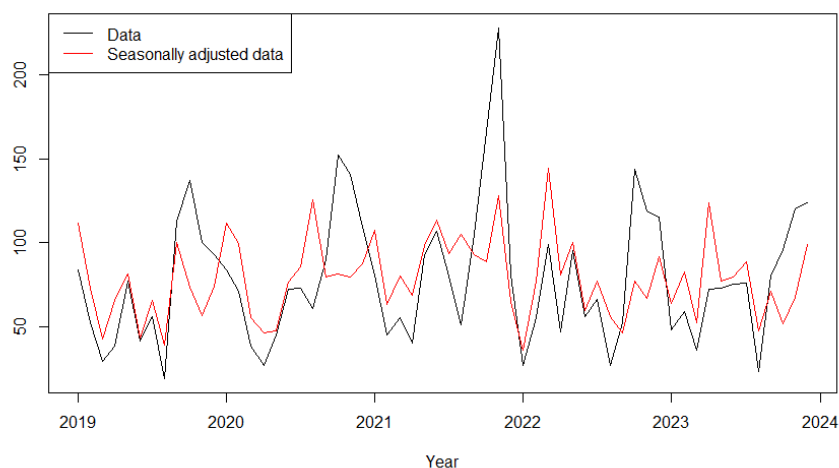
Εικόνα 5.20 : Σύγκριση αρχικής και αποεποχικοποιημένης χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος

Τοπικές Κλιματιστικές Μονάδες Fan Coil



Εικόνα 5.21 : Σύγκριση αρχικής και αποεποχικοποιημένης χρονοσειράς πωλήσεων τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Θερμαντικά σώματα πάνελ



Εικόνα 5.22 : Σύγκριση αρχικής και αποεποχικοποιημένης χρονοσειράς πωλήσεων θερμαντικών σωμάτων

5.4.5 Παρουσίαση στατιστικής ανάλυσης και κατηγοριοποίησης χρονοσειρών

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της βασικής στατιστικής ανάλυσης των υπό εξέταση χρονοσειρών. Για κάθε χρονοσειρά υπολογίζονται η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή του δείγματος, η διάμεση και η μέση τιμή, καθώς επίσης και ο ρυθμός ανάπτυξης. Τέλος παρουσιάζονται οι δείκτες ADI και cv^2 και η κατηγοριοποίηση της κάθε χρονοσειράς βάση των δύο αυτών δεικτών.

Στατιστική Ανάλυση	Min	Max	Median	Mean	Growth	ADI	cv^2	Τύπος
Λέβητες Φυσ. Αερίου	7	111	40	43,22	-27,69	0,98	0,18	Smooth
Αντλίες Αέρος/Νερού	1	42	11	12,85	38,48	0,98	0,42	Smooth
Αντλίες Αέρος/Αέρος	1	69	13	16,13	5,48	0,98	0,32	Smooth
Τοπικ. Κλιματιστ. Μονάδες	4	158	54	56,3	8,35	0,98	0,25	Smooth
Θερμ. Σώματα	19	228	74	78,63	-8,03	0,98	0,09	Smooth

Πίνακας 5.6 : Στατιστική ανάλυση και κατηγοριοποίηση χρονοσειρών

5.5 Αποτελέσματα μεθόδων πρόβλεψης

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μεθόδων πρόβλεψης που επιλέχθηκαν να εφαρμοστούν. Συγκεκριμένα και όπως αναφέρθηκε παραπάνω, επιλέχθηκαν οι εξής έξι μέθοδοι πρόβλεψης :

- Μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης σταθερού επιπέδου (SES)

- Μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης γραμμικής τάσης (HOLT)
- Μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης μη γραμμικής τάσης (DAMPED)
- Μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης εκθετικής τάσης
- Μέθοδος ADIDA σε συνδυασμό με SES
- Μέθοδος ADIDA σε συνδυασμό με HOLT

Όσον αφορά την μέθοδο ADIDA, επιλέχθηκε να γίνει συνάθροιση σε τριμηνιαίο επίπεδο. Η επιλογή αυτή έγινε με γνώμονα να συμβαδίζουν τα αποτελέσματα με τον ορίζοντα πρόβλεψης που επιλέχθηκε και για τις μεθόδους εκθετικής εξομάλυνσης, όπως παρουσιάζεται παρακάτω.

Τα αποτελέσματα για κάθε προϊοντική κατηγορία και για κάθε μέθοδο ξεχωριστά παρουσιάζονται παρακάτω. Ενδεικτικά για την κατηγορία των λεβήτων αερίου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σε κάθε επαναληπτική διαδικασία και διαγραμματικά για την τελική πρόβλεψη. Για όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες, παρατίθενται τα διαγράμματα με τα τελικά αποτελέσματα.

Οι μέθοδοι έχουν εφαρμοστεί επαναληπτικά πέντε φορές, για ξεχωριστά διαστήματα, ώστε να εκτιμηθεί ποια μέθοδος προσαρμόζεται καλύτερα στα διαθέσιμα δεδομένα.

Τα διαστήματα όπου εφαρμόστηκαν οι μέθοδοι είναι τα εξής :

- **Πρόβλεψη 1** : Ιανουάριος 2019 – Δεκέμβριος 2022
- **Πρόβλεψη 2** : Ιανουάριος 2019 – Μάρτιος 2023
- **Πρόβλεψη 3** : Ιανουάριος 2019 – Ιούνιος 2023
- **Πρόβλεψη 4** : Ιανουάριος 2019 – Σεπτέμβρης 2023
- **Τελική Πρόβλεψη** : Ιανουάριος 2019 – Δεκέμβριος 2023

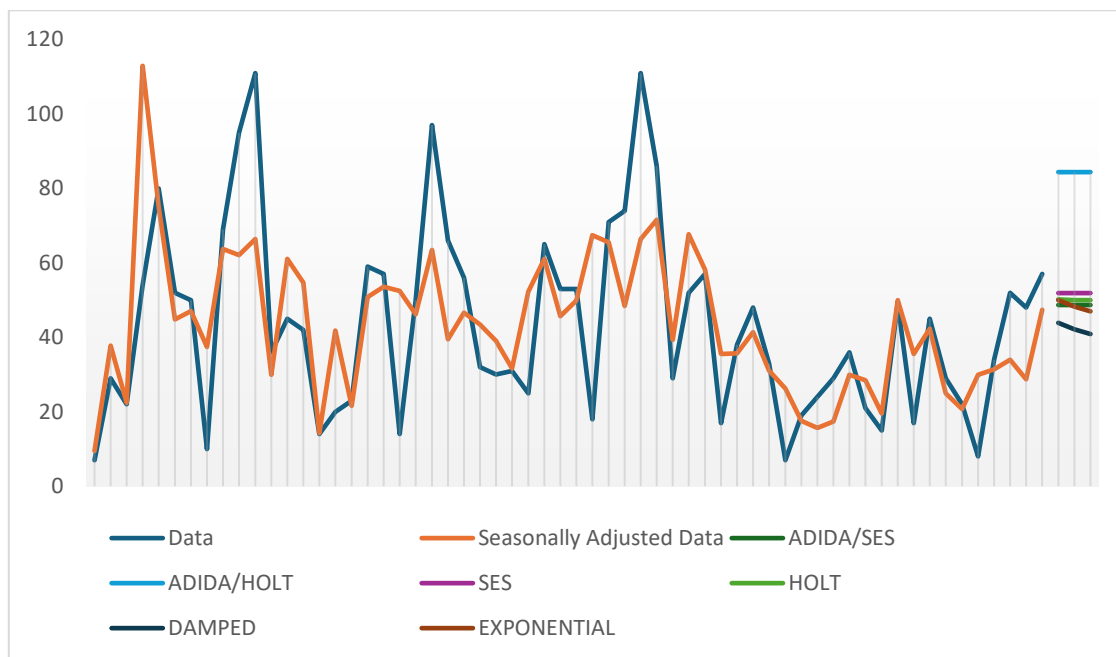
Σε κάθε επανάληψη, γίνεται πρόβλεψη για το χρονικό διάστημα των επόμενων τριών μηνών, δηλαδή η Πρόβλεψη 1 γίνεται για την περίοδο Ιανουάριος – Μάρτιος 2023 ενώ αντίστοιχα η Τελική Πρόβλεψη (το ζητούμενο δηλαδή στα πλαίσια της εργασίας) για την περίοδο Ιανουάριος – Μάρτιος 2024.

Λέβητες φυσικού αερίου

	Adida/Ses			Adida/Holt			Ses		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
Πρόβλεψη 1	20,1	20,1	20,1	18,6	18,6	18,6	26,2	26,2	26,2
Πρόβλεψη 2	32	32	32	32,9	32,9	32,9	31,6	31,6	31,6
Πρόβλεψη 3	33,9	33,9	33,9	32,4	32,4	32,4	32,5	32,5	32,5
Πρόβλεψη 4	29,7	29,7	29,7	28,8	28,8	28,8	30,2	30,2	30,2
Τελική Πρόβλεψη	35,4	35,4	35,4	34,1	34,1	34,1	34,5	34,5	34,5

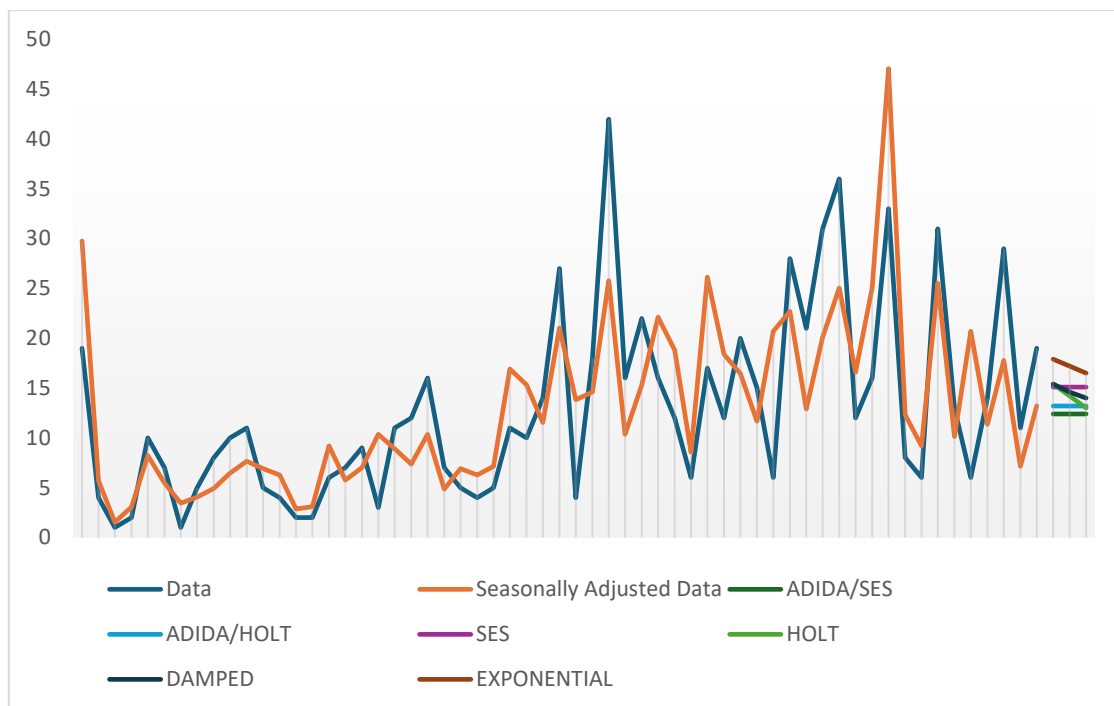
	Holt			Damped			Exp.		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
Πρόβλεψη 1	25	24,7	24,4	26,2	26,2	26,2	26,9	26,9	26,9
Πρόβλεψη 2	31,4	31,2	31,1	31,5	31,5	31,5	31,6	31,6	31,6
Πρόβλεψη 3	31,8	31,6	31,4	32,4	32,4	32,5	32,5	32,5	32,5
Πρόβλεψη 4	29,3	29,1	28,9	30	30	30	30,2	30,2	30,2
Τελική Πρόβλεψη	34,4	34,3	34,2	34,7	34,7	34,7	34,3	34,3	34,3

Πίνακας 5.7 : Αποτελέσματα μεθόδων πρόβλεψης πωλήσεων λεβήτων φυσικού αερίου



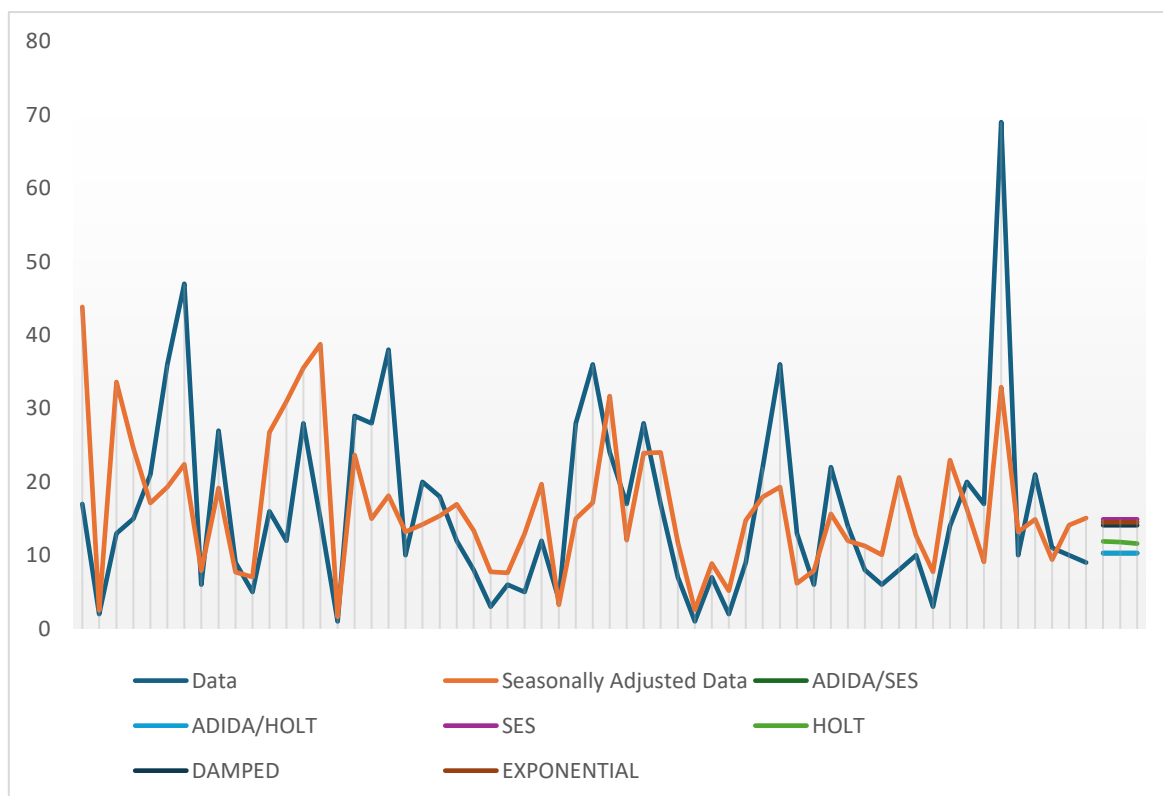
Εικόνα 5.23 : Αποτελέσματα πρόβλεψης πωλήσεων λεβήτων φυσικού αερίου

Αντλίες θερμότητας αέρος/νερού



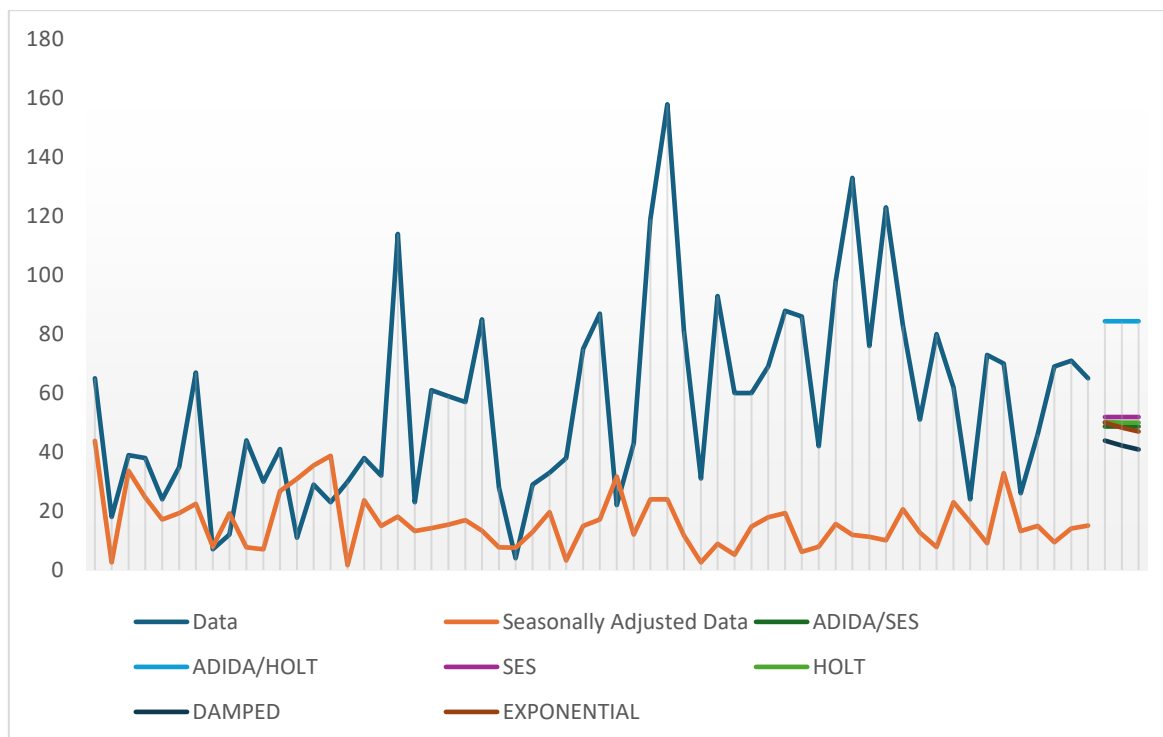
Εικόνα 5.24 : Αποτελέσματα πρόβλεψης πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/νερού

Αντλίες θερμότητας αέρος/αέρος



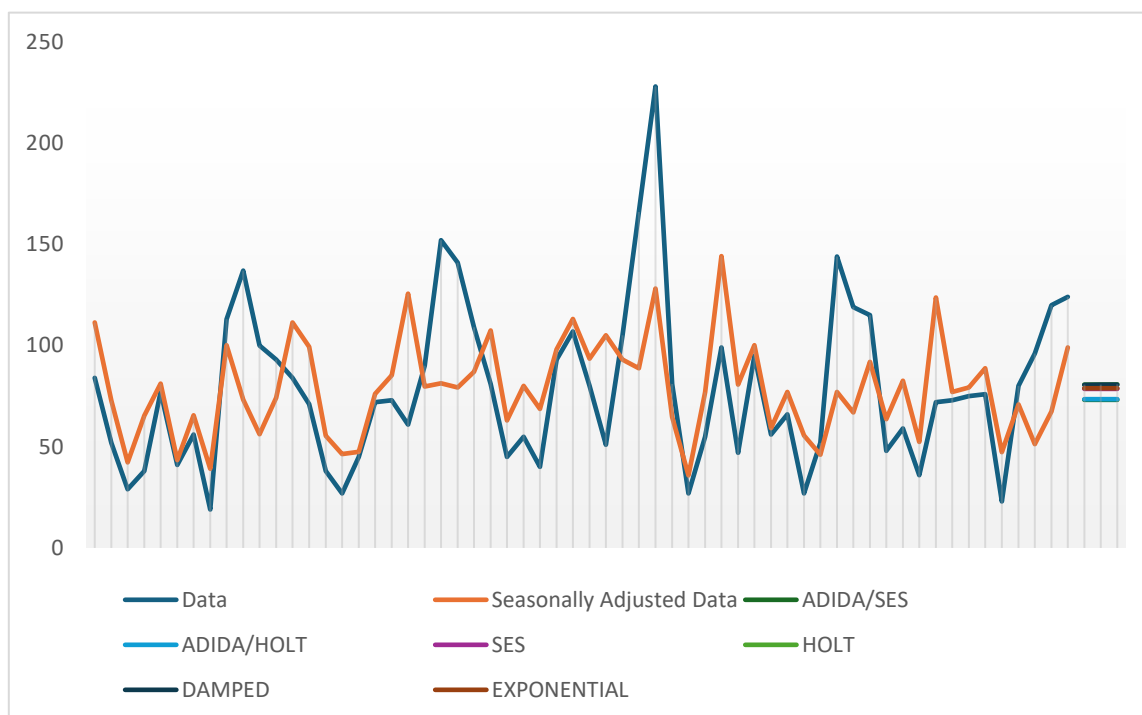
Εικόνα 5.25 : Αποτελέσματα πρόβλεψης πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος

Τοπικές κλιματιστικές μονάδες



Εικόνα 5.26 : Αποτελέσματα πρόβλεψης πωλήσεων τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Θερμαντικά σώματα



Εικόνα 5.27 : Αποτελέσματα πρόβλεψης πωλήσεων θερμαντικών σωμάτων

5.6 Εποχικοποίηση αποτελεσμάτων

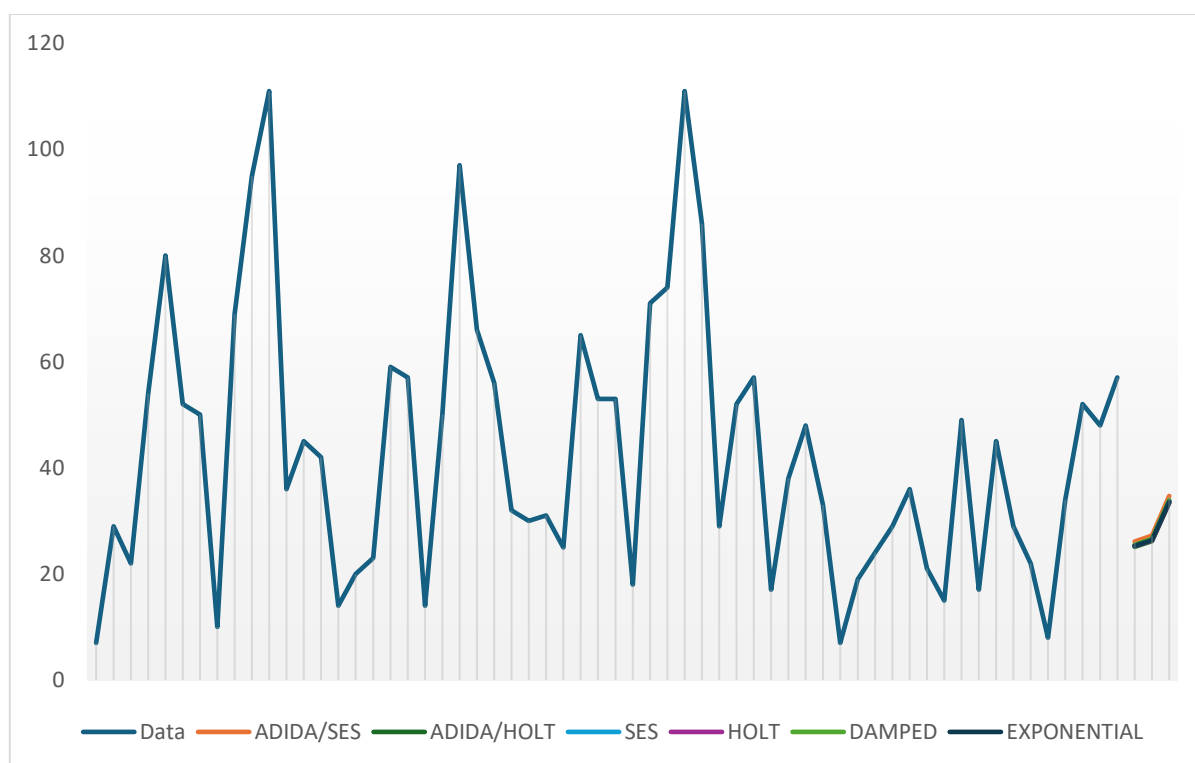
Τα αποτελέσματα των μεθόδων πρόβλεψης που παρουσιάζονται παραπάνω, είναι απαλλαγμένα από τον εποχικό παράγοντα και θα πρέπει να εποχικοποιηθούν. Για

την εποχικοποίηση, θα γίνει πολλαπλασιασμός των αποτελεσμάτων με τον δείκτη εποχικότητας της αντίστοιχης περιόδου. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά σε πίνακα τα αποτελέσματα της χρονοσειράς λεβήτων φυσικού αερίου, ενώ παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σε διάγραμμα για κάθε χρονοσειρά ξεχωριστά :

Εποχικοποιημένη πρόβλεψη λεβήτων φυσικού αερίου

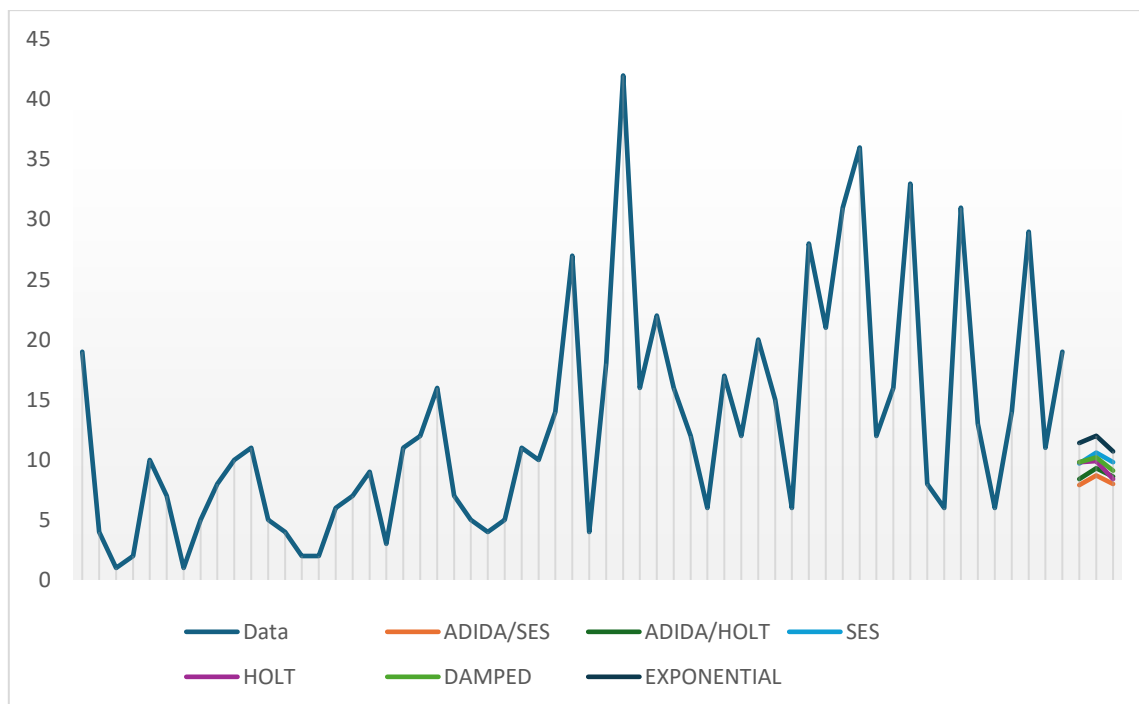
	Adida/Ses			Adida/Holt			Ses		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
Τελική Πρόβλεψη	26,1	27,2	34,7	25,1	26,2	33,4	25,4	26,5	33,8
	Holt			Damped			Exp.		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
Τελική Πρόβλεψη	25,3	26,3	33,5	25,5	26,6	33,9	25,3	26,4	33,6

Πίνακας 5.8 : Εποχικοποιημένη πρόβλεψη χρονοσειράς πωλήσεων λεβήτων φυσικού αερίου



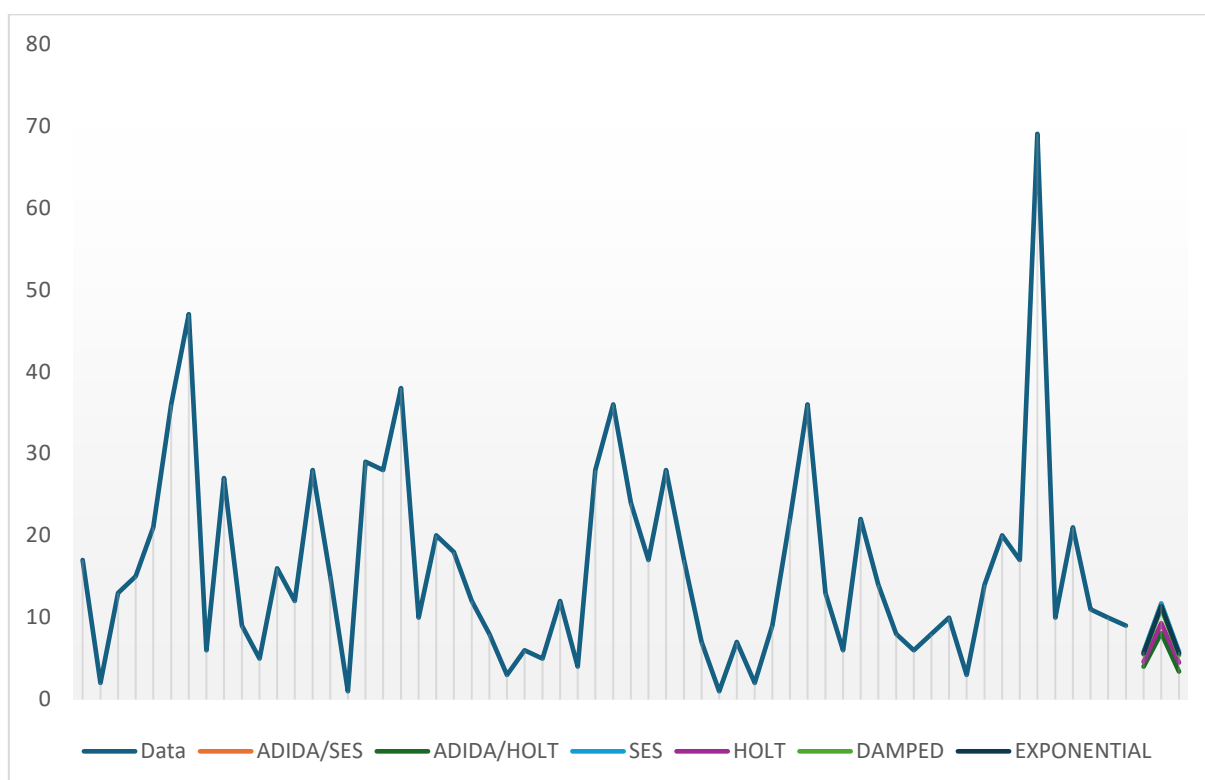
Εικόνα 5.28 : Εποχικοποιημένη πρόβλεψη χρονοσειράς πωλήσεων λεβήτων φυσικού αερίου

Εποχικοποιημένη πρόβλεψη αντλιών θερμότητας αέρος-νερού



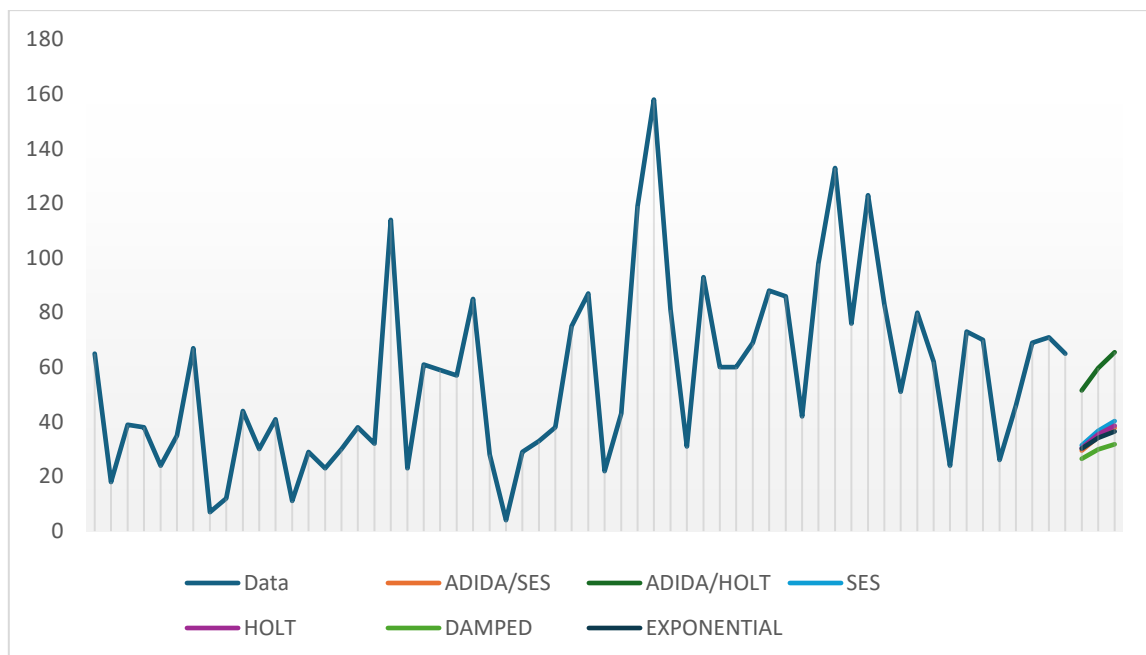
Εικόνα 5.29 : Εποχικοποιημένη πρόβλεψη χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/νερού

Εποχικοποιημένη πρόβλεψη αντλιών θερμότητας αέρος-αέρος



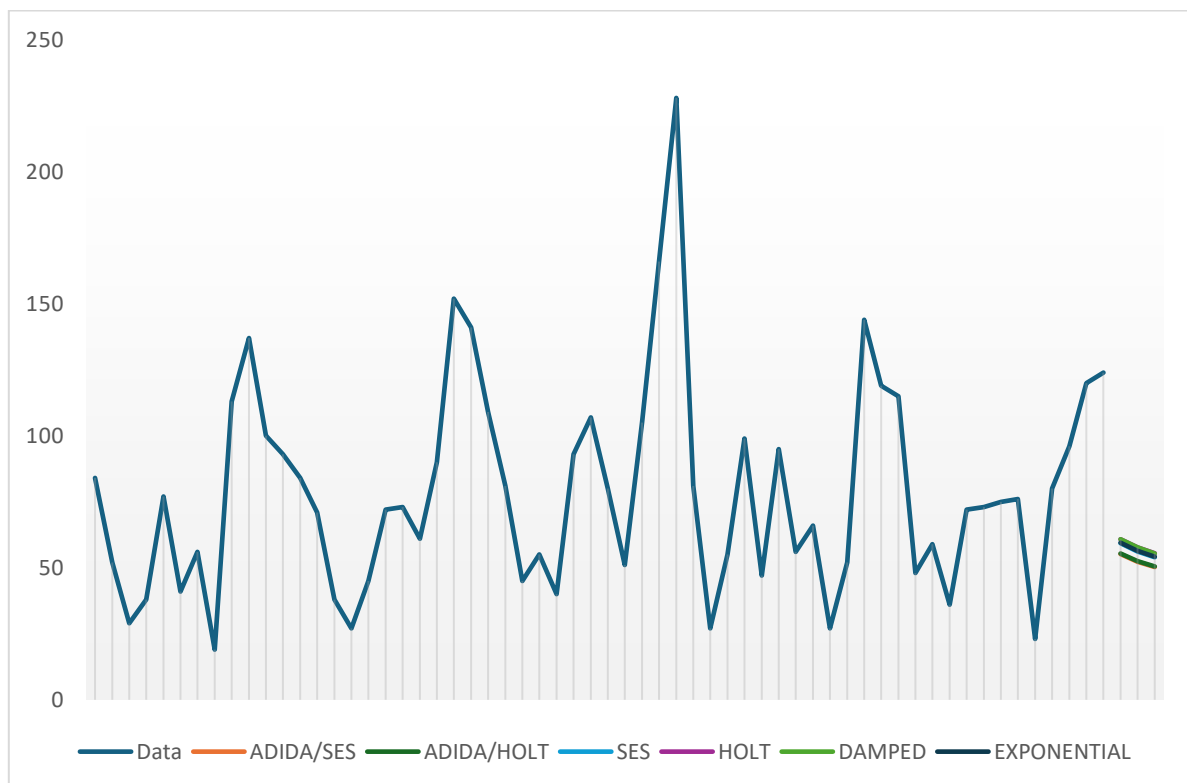
Εικόνα 5.30 : Εποχικοποιημένη πρόβλεψη χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος

Εποχικοποιημένη πρόβλεψη τοπικών κλιματιστικών μονάδων



Εικόνα 5.31 : Εποχικοποιημένη πρόβλεψη χρονοσειράς πωλήσεων τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Εποχικοποιημένη πρόβλεψη θερμαντικών σωμάτων



Εικόνα 5.32 : Εποχικοποιημένη πρόβλεψη χρονοσειράς πωλήσεων θερμαντικών σωμάτων

5.7 Υπολογισμός σφαλμάτων και επιλογή καταλληλότερης μεθόδου

Για τον υπολογισμό της καταλληλότερης μεθόδου, της μεθόδου δηλαδή η οποία φάνηκε να προσαρμόζεται καλύτερα στα διαθέσιμα δεδομένα και να παράγει τις

ακριβέστερες προβλέψεις, υπολογίστηκαν τα σφάλματα RMSE (root mean square deviation) και MAE (mean absolute error). Τα σφάλματα υπολογίστηκαν σε κάθε επανάληψη (Πρόβλεψη 1-4) για τις προβλεφθείσες τιμές σε σύγκριση με τα πραγματικά δεδομένα πωλήσεων. Τα σφάλματα ανά εμπορική κατηγορία και ανά περίοδο πρόβλεψης παρουσιάζονται παρακάτω :

Λέβητες φυσικού αερίου

RMSE					
year	2023				
Period	Q1	Q2	Q3	Q4	Average
Adida_ses	19,33	14,45	15,29	15,33	16,10
Adida_holt	20,45	14,39	14,79	14,60	16,06
ses	15,03	14,50	14,82	15,71	15,02
holt	16,17	14,48	14,62	14,97	15,06
damped	15,03	14,51	14,79	15,60	14,98
exp smoothing	14,55	14,50	14,82	15,76	14,91
MAE					
year	2023				
Period	Q1	Q2	Q3	Q4	Average
Adida_ses	16,00	13,56	13,86	14,68	14,53
Adida_holt	17,25	13,45	12,90	14,06	14,41
ses	11,38	13,62	12,97	14,98	13,23
holt	12,25	13,59	12,40	14,45	13,17
damped	11,37	13,62	12,93	14,89	13,20
exp smoothing	11,15	13,62	12,97	15,02	13,19

Πίνακας 5.9 : Δείκτες σφαλμάτων χρονοσειράς λεβήτων αερίου

Αντλίες θερμότητας αέρος-νερού

RMSE					
year	2023				
Period	Q1	Q2	Q3	Q4	Average
Adida_ses	20,70	15,24	16,42	11,85	16,05
Adida_holt	19,85	12,74	17,35	17,69	16,91
ses	20,95	17,02	13,84	12,12	15,98

holt	21,71	15,33	14,81	13,28	16,28
damped	21,13	18,33	15,44	14,42	17,33
exp smoothing	20,77	10,95	15,16	14,76	15,41
MAE					
year	2023				
Period	Q1	Q2	Q3	Q4	Average
Adida_ses	16,19	13,02	12,88	9,37	12,87
Adida_holt	15,09	10,29	13,61	15,14	13,53
ses	16,51	14,90	10,79	9,55	12,94
holt	17,37	13,10	11,55	10,57	13,15
damped	16,84	16,07	12,08	11,71	14,17
exp smoothing	16,32	8,26	11,85	12,07	12,13

Πίνακας 5.10 : Δείκτες σφαλμάτων χρονοσειράς αντλιών θερμότητας αέρος-νερού

Αντλίες θερμότητας αέρος-αέρος

RMSE					
year	2023				
Period	Q1	Q2	Q3	Q4	Average
Adida_ses	8,41	12,83	3,72	7,50	8,11
Adida_holt	10,05	11,49	5,77	8,14	8,86
ses	9,01	12,86	3,71	7,50	8,27
holt	11,37	11,27	6,14	7,61	9,10
damped	9,04	13,19	3,72	7,47	8,35
exp smoothing	8,99	12,81	3,73	7,46	8,25
MAE					
year	2023				
Period	Q1	Q2	Q3	Q4	Average
Adida_ses	5,43	10,69	3,52	5,90	6,39
Adida_holt	8,13	10,16	4,86	6,11	7,32
ses	6,55	10,73	3,44	5,90	6,65
holt	9,88	9,90	5,84	6,13	7,94
damped	6,38	10,93	3,53	5,92	6,69
exp smoothing	6,53	10,67	3,58	5,93	6,68

Πίνακας 5.11 : Δείκτες σφαλμάτων χρονοσειράς αντλιών θερμότητας αέρος-αέρος

Τοπικές κλιματιστικές μονάδες

RMSE					
year	2023				
Period	Q1	Q2	Q3	Q4	Average
Adida_ses	54,53	31,04	56,19	34,00	43,94
Adida_holt	53,71	31,06	79,35	86,44	62,64
ses	56,15	26,91	56,62	40,13	44,95
holt	55,43	29,80	55,32	37,07	44,40
damped	57,27	28,17	58,66	35,53	44,91
exp smoothing	54,42	30,96	60,77	40,00	46,54
MAE					
year	2023				
Period	Q1	Q2	Q3	Q4	Average
Adida_ses	45,11	26,53	46,56	33,11	37,83
Adida_holt	44,06	26,54	64,09	85,81	55,12
ses	47,15	24,44	46,91	39,32	39,46
holt	46,15	26,18	45,93	36,22	38,62
damped	48,86	25,30	47,82	24,51	36,62
exp smoothing	44,99	26,82	49,85	39,11	40,19

Πίνακας 5.12 : Δείκτες σφαλμάτων χρονοσειράς τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Θερμαντικά σώματα

RMSE					
year	2023				
Period	Q1	Q2	Q3	Q4	Average
Adida_ses	18,69	44,97	17,00	68,90	37,39
Adida_holt	18,44	47,37	18,54	60,82	36,29
ses	15,08	45,10	16,99	69,85	36,76
holt	13,23	43,79	17,47	73,90	37,10
damped	23,34	49,36	17,02	72,80	40,63
exp smoothing	16,61	51,28	17,00	71,51	39,10
MAE					

year	2023				
Period	Q1	Q2	Q3	Q4	Average
Adida_ses	14,31	28,14	16,19	56,03	28,67
Adida_holt	13,98	32,90	15,52	51,57	28,49
ses	10,56	28,42	16,15	56,54	27,92
holt	9,34	26,10	15,93	60,94	28,08
damped	20,11	36,87	16,04	59,69	33,18
exp smoothing	11,52	40,15	16,09	58,27	31,51

Πίνακας 5.13 : Δείκτες σφαλμάτων χρονοσειράς θερμαντικών σωμάτων

Στους παραπάνω πίνακες με γραμματοσειρά σε **bold** υπογραμμίζεται η ελάχιστη τιμή μεσοσταθμικά.

Από την παραπάνω ανάλυση παρατηρείται ότι στις κατηγορίες των λεβήτων φυσικού αερίου, των τοπικών κλιματιστικών μονάδων και των θερμαντικών σωμάτων, προτείνεται διαφορετική μέθοδος πρόβλεψης ανάλογα το σφάλμα που υπολογίζεται. Στα πλαίσια της εργασίας, προκρίνεται η λήψη απόφασης βάση του σφάλματος RMSE ως πιο αξιόπιστη. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μέθοδοι πρόβλεψης που επιλέχθηκαν για κάθε εμπορική κατηγορία :

Εμπορική κατηγορία	Μέθοδος που επιλέχθηκε
Λέβητες φυσικού αερίου	Exponential Smoothing
Αντλίες θερμότητας αέρος-νερού	Exponential Smoothing
Αντλίες θερμότητας αέρος-αέρος	Adida-Ses
Τοπικές κλιματιστικές μονάδες	Adida-Ses
Θερμαντικά σώματα	Adida-Holt

Πίνακας 5.14 : Επιλογή καταλληλότερης μεθόδου πρόβλεψης ανά εμπορική κατηγορία

5.8 Παρουσίαση πρόβλεψης πωλήσεων

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι προβλέψεις για κάθε εμπορική κατηγορία, με ορίζοντα τριών μηνών, σύμφωνα με την μέθοδο πρόβλεψης που επιλέχθηκε. Τονίζεται ότι καθώς αναφερόμαστε σε μηχανήματα, τα αποτελέσματα δεν μπορούν να παρουσιαστούν σε δεκαδικούς αριθμούς αλλά μόνο σε ακέραιους. Για τον λόγο αυτό γίνεται στρογγυλοποίηση των αποτελεσμάτων τόσο στην παρούσα ενότητα όσο και στην ενότητα 5.10.

Εμπορική κατηγορία	Ιανουάριος 2024	Φεβρουάριος 2024	Μάρτιος 2024
--------------------	-----------------	------------------	--------------

Λέβητες φυσικού αερίου	25	26	34
Αντλίες θερμότητας αέρος-νερού	11	12	11
Αντλίες θερμότητας αέρος-αέρος	6	12	6
Τοπικές κλιματιστικές μονάδες	30	35	38
Θερμαντικά σώματα	55	53	51

Πίνακας 5.15 : Αποτελέσματα μεθόδων πρόβλεψης ανά εμπορική κατηγορία

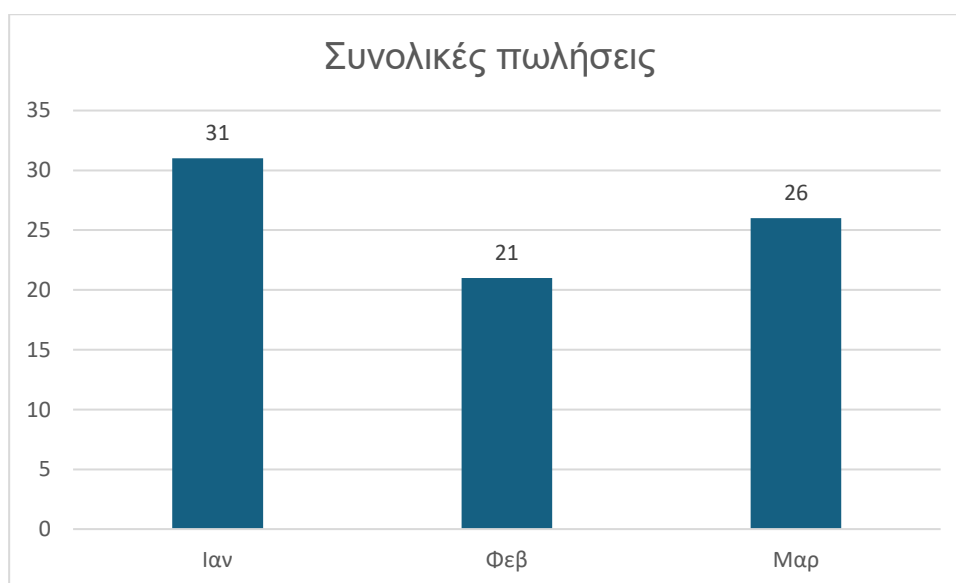
Οι παραπάνω τιμές αναφέρονται στο σύνολο της κάθε εμπορικής κατηγορίας και θα πρέπει να επιμεριστούν στους επιμέρους κωδικούς σύμφωνα με την λογική top-down, όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα.

5.9 Σφάλμα τελικής πρόβλεψης

Έχοντας ολοκληρώσει την διαδικασία πρόβλεψης πωλήσεων για το πρώτο τρίμηνο του 2024 και γνωρίζοντας τα πραγματικά αποτελέσματα της εταιρίας για το αντίστοιχο χρονικό διάστημα, γίνεται υπολογισμός του τελικού σφάλματος πρόβλεψης της μεθόδου που επιλέχθηκε για κάθε εμπορική κατηγορία.

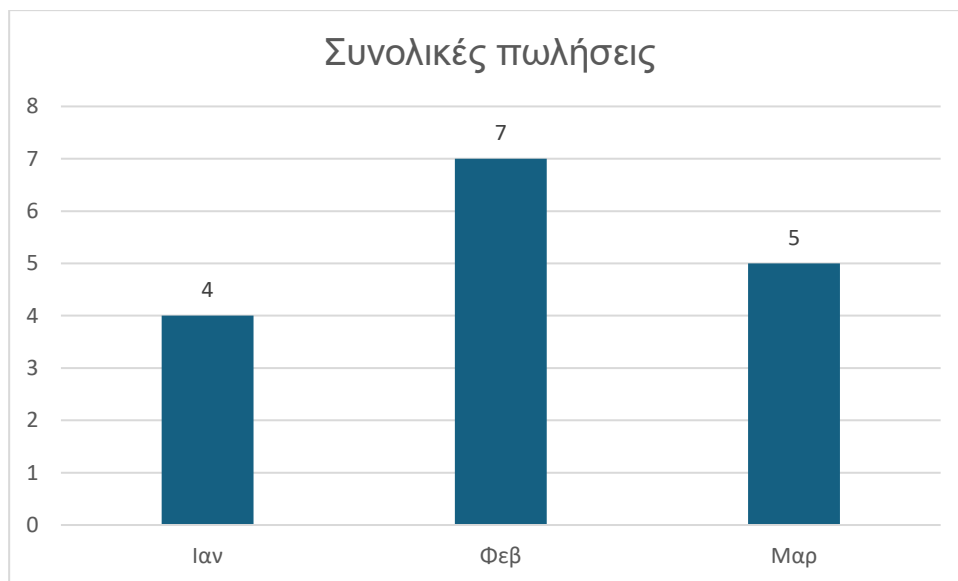
Αρχικά, παρουσιάζονται στα παρακάτω γραφήματα οι πραγματικές πωλήσεις της εταιρίας για κάθε εμπορική κατηγορία :

Λέβητες φυσικού αερίου



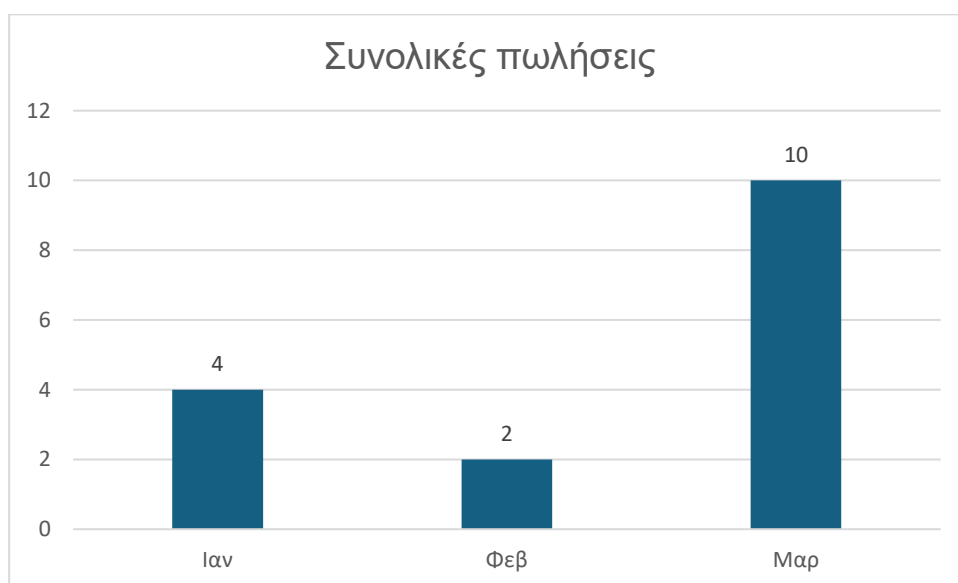
Εικόνα 5.33 : Αποτελέσματα 2024 χρονοσειράς πωλήσεων λεβήτων φυσικού αερίου

Αντλίες θερμότητας αέρος/νερού



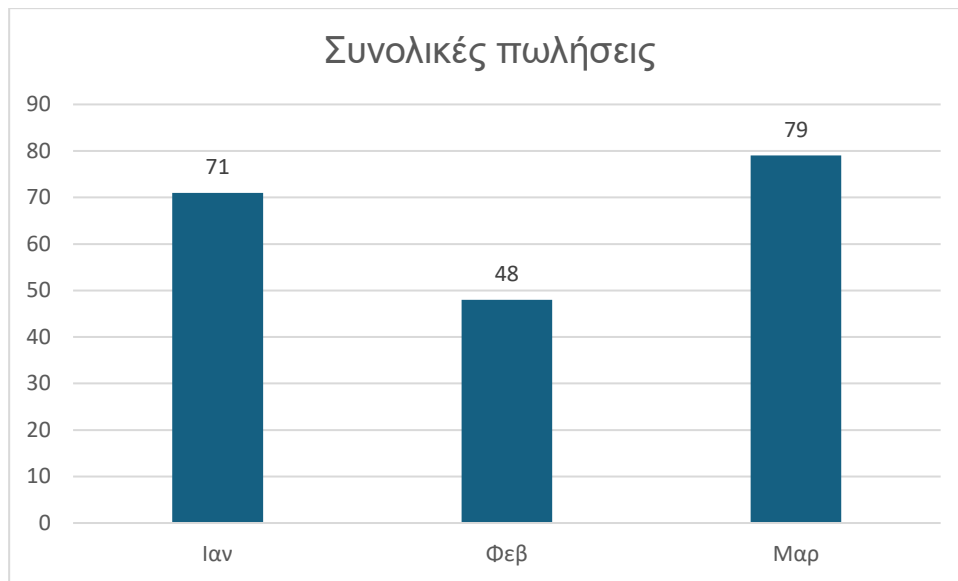
Εικόνα 5.34 : Αποτελέσματα 2024 χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/νερού

Αντλίες θερμότητας αέρος/αέρος



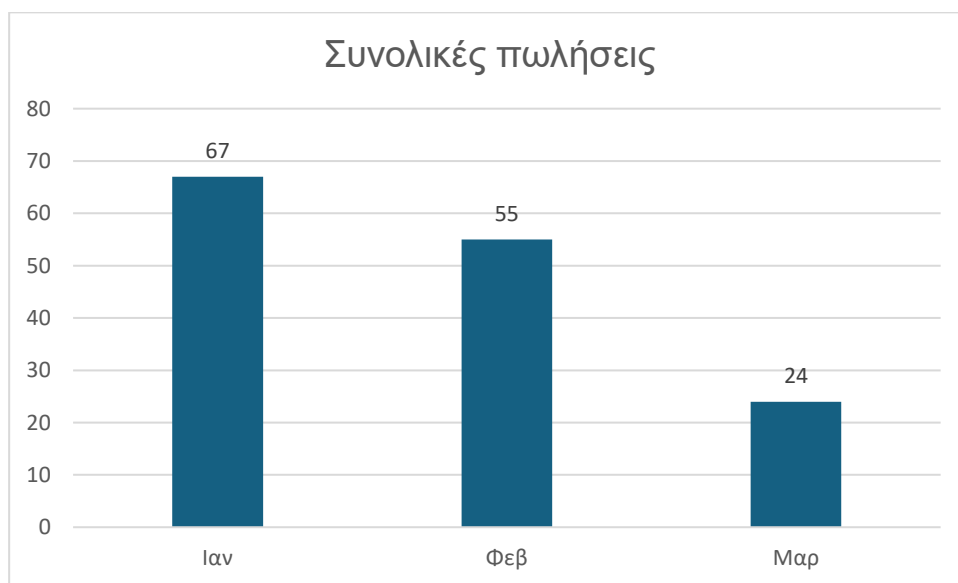
Εικόνα 5.35 : Αποτελέσματα 2024 χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος

Τοπικές κλιματιστικές μονάδες



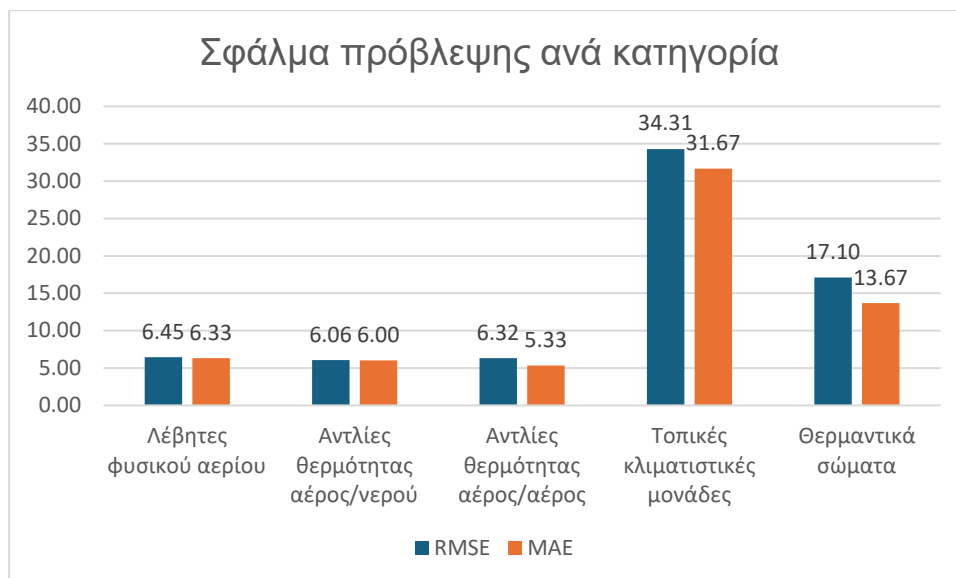
Εικόνα 5.36 : Αποτελέσματα 2024 χρονοσειράς πωλήσεων τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Θερμαντικά σώματα



Εικόνα 5.37 : Αποτελέσματα 2024 χρονοσειράς πωλήσεων θερμαντικών σωμάτων

Συγκρίνοντας τα παραπάνω δεδομένα με τις τιμές που προβλέθηκαν και λαμβάνοντας υπόψη τις στρογγυλοποιημένες τιμές που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 5.8, υπολογίζονται για κάθε κατηγορία οι δείκτες MAE και RMSE ως μέτρα αξιολόγησης της ακρίβειας των μεθόδων πρόβλεψης που εξετάστηκαν. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο παρακάτω γράφημα :



Εικόνα 5.38 : Δείκτες σφαλμάτων ανά εμπορική κατηγορία

5.10 Επιμερισμός με την λογική Top-Down

Στο κεφάλαιο 4 έγινε εκτενής αναφορά στην λογική Top-Down και στον τρόπο με τον οποίο επιμερίζονται οι προβλέψεις για το σύνολο της κάθε κατηγορίας στους επιμέρους κωδικούς που την απαρτίζουν. Παρακάτω παρατίθεται αναλυτικά παράδειγμα υπολογισμού για την κατηγορία των λεβήτων φυσικού αερίου και των αντλιών θερμότητας αέρος/νερού, ενώ για τις υπόλοιπες κατηγορίες παρατίθενται τα αποτελέσματα.

Λέβητες φυσικού αερίου

Στην κατηγορία περιλαμβάνονται δύο κωδικοί, τα ποσοστά των οποίων επί των συνολικών πωλήσεων για το διάστημα 2019 – 2022 παρουσιάζονται παρακάτω :

Κωδικός	Ποσοστό επί των συνολικών πωλήσεων
Λέβητας 1	69,7 %
Λέβητας 2	30,3 %

Πίνακας 5.16 : Ποσοστό επί των συνολικών πωλήσεων

Οι τελικές μηνιαίες προβλέψεις, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μεθόδου Exponential Smoothing, για την περίοδο Ιανουάριος 2024 – Μάρτιος 2024 είναι :

	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος
Λέβητας 1	17	18	24
Λέβητας 2	8	8	10

Πίνακας 5.17 : Τελικές μηνιαίες προβλέψεις λεβήτων φυσικού αερίου

Αντλίες θερμότητας αέρος-νερού

Στην κατηγορία περιλαμβάνονται έξι κωδικοί, τα ποσοστά των οποίων επί των συνολικών πωλήσεων για το διάστημα 2019 – 2023 παρουσιάζονται παρακάτω :

Κωδικός	Ποσοστό επί των συνολικών πωλήσεων
Αντλία Θερμότητας 1	6,2 %
Αντλία Θερμότητας 2	13,9 %
Αντλία Θερμότητας 3	28,2 %
Αντλία Θερμότητας 4	42,7 %
Αντλία Θερμότητας 5	3,4 %
Αντλία Θερμότητας 6	5,6 %

Πίνακας 5.18 : Ποσοστό επί των συνολικών πωλήσεων

Οι τελικές μηνιαίες προβλέψεις, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μεθόδου Exponential Smoothing, για την περίοδο Ιανουάριος 2024 – Μάρτιος 2024 είναι :

	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος
Αντλία θερμότητας 1	1	1	1
Αντλία θερμότητας 2	2	2	2
Αντλία θερμότητας 3	3	3	3
Αντλία θερμότητας 4	5	5	5
Αντλία θερμότητας 5	0	0	0
Αντλία θερμότητας 6	1	1	1

Πίνακας 5.19 : Τελικές μηνιαίες προβλέψεις αντλιών θερμότητας αέρος-νερού

Αντλίες θερμότητας αέρος-αέρος

Στην κατηγορία περιλαμβάνονται τέσσερις κωδικοί.

Οι τελικές μηνιαίες προβλέψεις, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μεθόδου Adida-Ses, για την περίοδο Ιανουάριος 2024 – Μάρτιος 2024 είναι :

	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος
Κλιματιστικό 1	5	5	5
Κλιματιστικό 2	3	4	2
Κλιματιστικό 3	2	2	1
Κλιματιστικό 4	1	1	1

Πίνακας 5.20 : Τελικές μηνιαίες προβλέψεις αντλιών θερμότητας αέρος-αέρος

Τοπικές κλιματιστικές μονάδες

Στην κατηγορία περιλαμβάνονται δεκαεννέα κωδικοί.

Οι τελικές μηνιαίες προβλέψεις, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μεθόδου Adida-Ses, για την περίοδο Ιανουάριος 2024 – Μάρτιος 2024 είναι :

	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος
FCU 1	0	0	0
FCU 2	1	1	1
FCU 3	2	2	3
FCU 4	4	5	6
FCU 5	6	7	7

FCU 6	6	7	7
FCU 7	2	3	3
FCU 8	1	2	2
FCU 9	2	3	3
FCU 10	2	3	3
FCU 11	0	0	0
FCU 12	1	1	1
FCU 13	0	0	0
FCU 14	0	1	1
FCU 15	0	0	0
FCU 16	0	0	0
FCU 17	0	0	0
FCU 18	0	0	0
FCU 19	0	0	0

Πίνακας 5.21 : Τελικές μηνιαίες προβλέψεις τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Θερμαντικά σώματα

Στην κατηγορία περιλαμβάνονται ογδόντα κωδικοί, οι οποίοι χωρίζονται σε δύο βασικές υποκατηγορίες ανάλογα με το ύψος, την κατηγορία 6 και την κατηγορία 9. Στην υποκατηγορία 6 περιλαμβάνονται σαράντα πέντε επιμέρους κωδικοί και στην υποκατηγορία 9 τριάντα πέντε.

Οι τελικές μηνιαίες προβλέψεις, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μεθόδου Adida-Holt, για την περίοδο Ιανουάριος 2024 – Μάρτιος 2024 είναι :

	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος
Σώμα 6.1	0	0	0
Σώμα 6.2	0	0	0
Σώμα 6.3	0	0	0
Σώμα 6.4	0	0	0
Σώμα 6.5	0	0	0
Σώμα 6.6	0	0	0
Σώμα 6.7	0	0	0
Σώμα 6.8	1	1	1
Σώμα 6.9	0	0	0
Σώμα 6.10	0	0	0
Σώμα 6.11	0	0	0
Σώμα 6.12	1	1	1
Σώμα 6.13	1	1	1
Σώμα 6.14	0	0	0
Σώμα 6.15	1	1	1
Σώμα 6.16	1	1	1
Σώμα 6.17	0	0	0
Σώμα 6.18	1	1	1
Σώμα 6.19	1	1	1
Σώμα 6.20	0	0	0

Σώμα 6.21	0	0	0
Σώμα 6.22	2	2	2
Σώμα 6.23	1	1	1
Σώμα 6.24	0	0	0
Σώμα 6.25	0	0	0
Σώμα 6.26	1	1	1
Σώμα 6.27	1	0	0
Σώμα 6.28	0	0	0
Σώμα 6.29	0	0	0
Σώμα 6.30	2	2	2
Σώμα 6.31	1	1	1
Σώμα 6.32	0	0	0
Σώμα 6.33	1	1	1
Σώμα 6.34	1	1	1
Σώμα 6.35	0	0	0
Σώμα 6.36	0	0	0
Σώμα 6.37	0	0	0
Σώμα 6.38	0	0	0
Σώμα 6.39	0	0	0
Σώμα 6.40	0	0	0
Σώμα 6.41	0	0	0
Σώμα 6.42	0	0	0
Σώμα 6.43	0	0	0
Σώμα 6.44	0	0	0
Σώμα 6.45	0	0	0
Σώμα 9.1	1	1	1
Σώμα 9.2	2	2	2
Σώμα 9.3	1	1	1
Σώμα 9.4	1	1	1
Σώμα 9.5	0	0	0
Σώμα 9.6	2	2	2
Σώμα 9.7	2	2	2
Σώμα 9.8	1	1	1
Σώμα 9.9	4	4	4
Σώμα 9.10	3	3	3
Σώμα 9.11	0	0	0
Σώμα 9.12	3	3	3
Σώμα 9.13	3	3	3
Σώμα 9.14	0	0	0
Σώμα 9.15	0	0	0
Σώμα 9.16	3	3	3
Σώμα 9.17	3	3	2
Σώμα 9.18	0	0	0
Σώμα 9.19	0	0	0
Σώμα 9.20	2	2	2
Σώμα 9.21	2	2	2
Σώμα 9.22	0	0	0
Σώμα 9.23	1	1	1

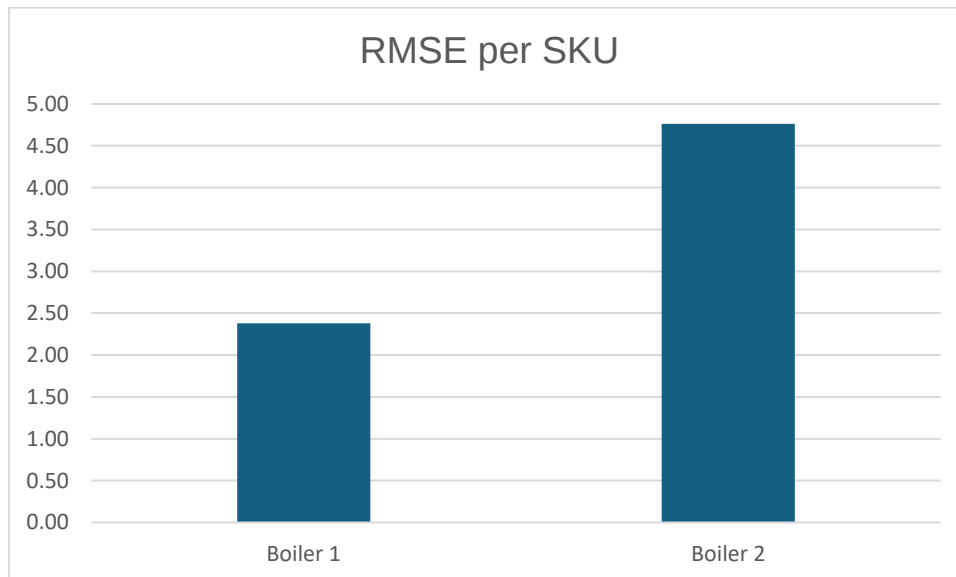
Σώμα 9.24	1	1	1
Σώμα 9.25	0	0	0
Σώμα 9.26	0	0	0
Σώμα 9.27	0	0	0
Σώμα 9.28	0	0	0
Σώμα 9.29	0	0	0
Σώμα 9.30	0	0	0
Σώμα 9.31	0	0	0
Σώμα 9.32	0	0	0
Σώμα 9.33	0	0	0
Σώμα 9.34	0	0	0
Σώμα 9.35	0	0	0

Πίνακας 5.22 : Τελικές μηνιαίες προβλέψεις θερμαντικών σωμάτων

5.11 Σφάλμα πρόβλεψης ανά κωδικό

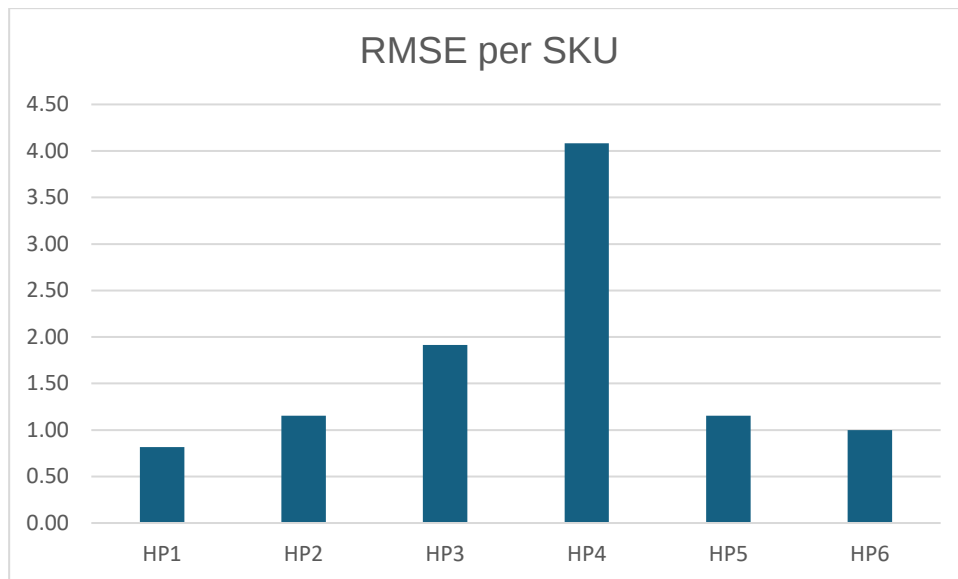
Στην προηγούμενη ενότητα έγινε επιμερισμός των αποτελεσμάτων των μεθόδων πρόβλεψης για κάθε κατηγορία, στους επιμέρους κωδικούς που την απαρτίζουν, με την λογική top-down. Γνωρίζοντας τα πραγματικά αποτελέσματα της επιχείρησης, έγινε υπολογισμός του δείκτη RMSE ανά κωδικό. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Λέβητες φυσικού αερίου



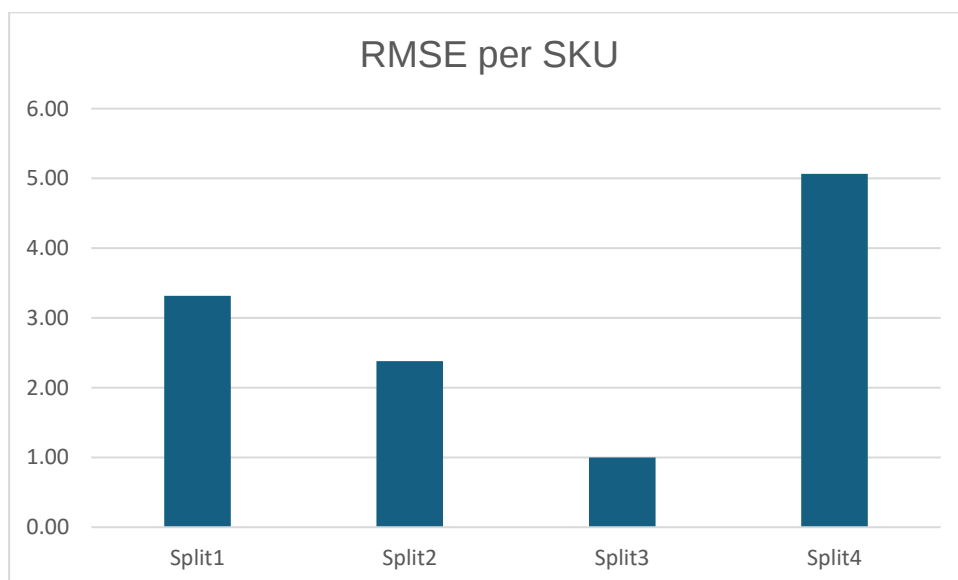
Εικόνα 5.39 : Σφάλμα ανά κωδικό λεβήτων φυσικού αερίου

Αντλίες θερμότητας αέρος/νερού



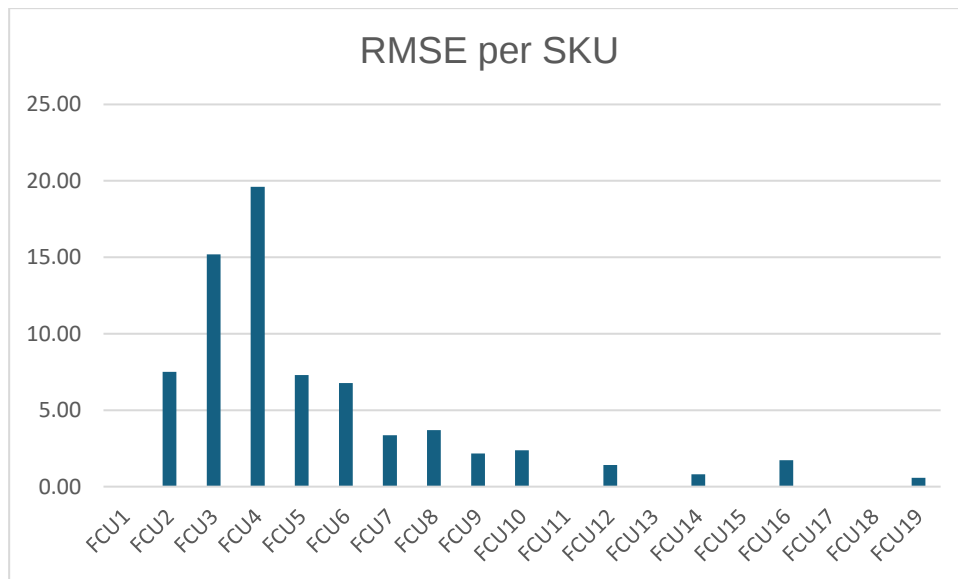
Εικόνα 5.40 : Σφάλμα ανά κωδικό αντλιών θερμότητας αέρος/νερού

Αντλίες θερμότητας αέρος/αέρος



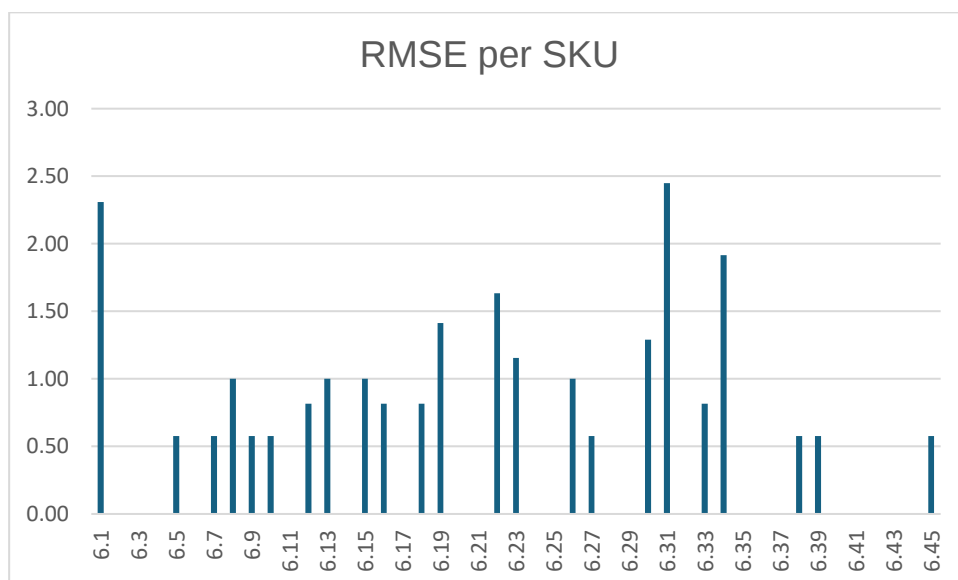
Εικόνα 5.41 : Σφάλμα ανά κωδικό αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος

Τοπικές κλιματιστικές μονάδες

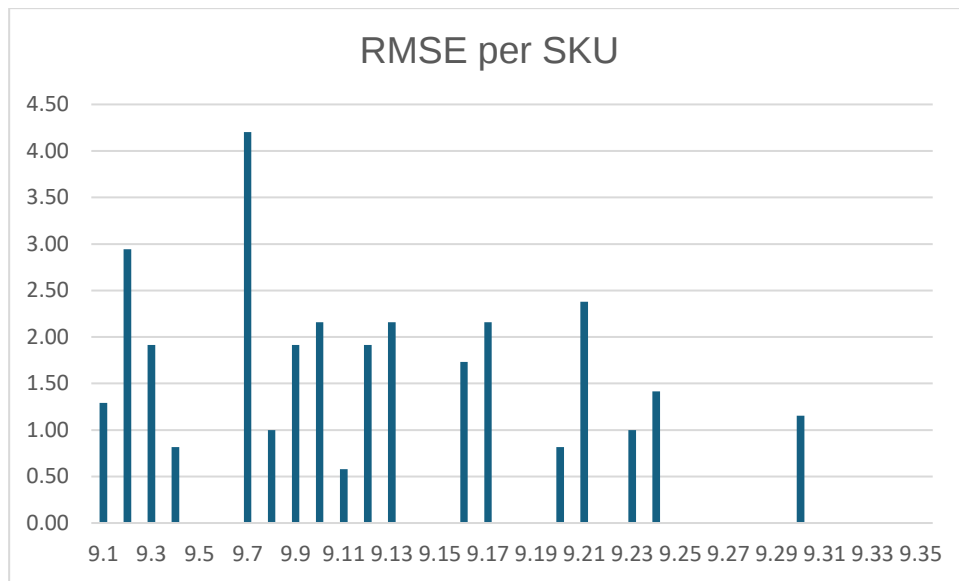


Εικόνα 5.42 : Σφάλμα ανά κωδικό τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Θερμαντικά σώματα



Εικόνα 5.43 : Σφάλμα ανά κωδικό θερμαντικών σωμάτων '60'



Εικόνα 5.44 : Σφάλμα ανά κωδικό θερμαντικών σωμάτων '90'

Κεφάλαιο 6 : Συμπεράσματα

6.1 Σύνοψη

Στα προηγούμενα κεφάλαια της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε εκτενής αναφορά στην σημασία της πρόβλεψης της ζήτησης και κατ' επέκταση της πρόβλεψης των πωλήσεων για μία επιχείρηση, η οποία δραστηριοποιείται στον σύγχρονο επιχειρηματικό τοπίο της Ελληνικής αγοράς. Ένα τοπίο το οποίο συνεχώς αναπτύσσεται, όπου ο ανταγωνισμός εντείνεται και που μία επιχείρηση επιβάλλεται πλέον να εξελίσσεται συνεχώς.

Παράλληλα κατέστη σαφές το πως η σωστή πρόβλεψη πωλήσεων μπορεί να βοηθήσει τα στελέχη μιας επιχείρησης να σχεδιάσουν σωστά την εμπορική τους πολιτική και να διαχειριστούν με βέλτιστο τρόπο τα αποθέματα ώστε να πετύχουν :

- Μείωση κόστους λειτουργίας
- Μείωση υπεραποθέματος και κατ' επέκταση δεσμευμένου κεφαλαίου
- Μείωση απολεσθέντων πωλήσεων λόγω έλλειψης αποθέματος
- Πλεονέκτημα έναντι του ανταγωνισμού
- Αύξηση πωλήσεων
- Αύξηση κέρδους

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε προσπάθεια πρόβλεψης των μελλοντικών πωλήσεων Ανώνυμης Εταιρίας η οποία δραστηριοποιείται στο χονδρικό εμπόριο συστημάτων ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού. Επιλέχθηκαν πέντε εμπορικές κατηγορίες οι οποίες και αποφέρουν το μεγαλύτερο εμπορικό όφελος και ως εκ τούτου κρίνεται σημαντικό να μπορέσει η επιχείρηση να καταστρώσει την εμπορική της πολιτική, έχοντας υπόψη το ύψος των μελλοντικών πωλήσεων. Οι κατηγορίες αυτές είναι :

- Λέβητες φυσικού αερίου
- Αντλίες θερμότητας αέρος/νερού
- Αντλίες θερμότητας αέρος/αέρος
- Τοπικές κλιματιστικές μονάδες
- Θερμαντικά σώματα

Καθώς σε κάποιους επιμέρους κωδικούς η ζήτηση ήταν σποραδική ή και σχεδόν μηδενική, αποφασίστηκε να γίνει συνάθροιση και οι μέθοδοι πρόβλεψης να

εφαρμοστούν στο σύνολο της κάθε κατηγορίας. Βάση του τύπου των δεδομένων και των στατιστικών αναλύσεων, επιλέχθηκαν οι εξής μέθοδοι πρόβλεψης προς εφαρμογή :

- Μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης σταθερού επιπέδου (SES)
- Μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης γραμμικής τάσης (HOLT)
- Μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης μη γραμμικής τάσης (DAMPED)
- Μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης εκθετικής τάσης
- Μέθοδος ADIDA σε συνδυασμό με SES
- Μέθοδος ADIDA σε συνδυασμό με HOLT

Όσον αφορά την μέθοδο ADIDA έγινε συνάθροιση σε τριμηνιαίο επίπεδο.

Για την παραγωγή προβλέψεων χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα οι μηνιαίες πωλήσεις από 1/2019 έως και 12/2023 (σύνολο 60 παρατηρήσεων), με σκοπό την πρόβλεψη των πωλήσεων του διαστήματος 1/2024 – 3/2024. Η κάθε μέθοδος πρόβλεψης εφαρμόστηκε επαναληπτικά τέσσερις φορές για να προβλεφθούν οι πωλήσεις του έτους 2023 (με δεδομένα τις πωλήσεις 2019-2022). Σε κάθε στάδιο έγινε υπολογισμός δεικτών σφαλμάτων και εν τέλει επιλέχθηκε για κάθε μέθοδο ξεχωριστά η μέθοδος που εμφάνισε μεσοσταθμικά το μικρότερο σφάλμα.

Τονίζεται ότι τα αποτελέσματα σε αυτό το σημείο ήταν αναμενόμενα, βάση των χαρακτηριστικών της κάθε χρονοσειράς. Για παράδειγμα, η πρόκριση του μοντέλου εκθετικής τάσης της μεθόδου εκθετικής εξομάλυνσης ήταν αναμενόμενη για την κατηγορία των λεβήτων φυσικού αερίου που εμφάνισε εκθετική αύξηση πωλήσεων κατά το τελευταίο έτος, όπως ήταν και η πρόκριση του μοντέλου HOLT (σε συνδυασμό με την μέθοδο ADIDA) για την κατηγορία των θερμαντικών σωμάτων.

6.2 Κριτική αποτελεσμάτων

Καθώς ο δείκτης RMSE εκφράζεται σε μονάδες προϊόντος (ποσότητα), γίνεται υπολογισμός και της ποσοστιαίας απόκλισης μεταξύ των πραγματικών και των προβλεπόμενων τιμών. Η ποσοστιαία απόκλιση υπολογίζεται ως εξής :

$$\text{Ποσοστιαία απόκλιση} = \frac{\frac{1}{3} \sum_{t=1}^3 Y_t - \frac{1}{3} \sum_{t=1}^3 F_t}{\frac{1}{3} \sum_{t=1}^3 F_t} \times 100\%$$

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται εν συντομία τα τελικά αποτελέσματα της εργασίας.

Κατηγορία	Μέθοδος Πρόβλεψης	RMSE	Ποσοστιαία απόκλιση
Λέβητες φυσικού αερίου	ΕΚΘΕΤΙΚΗΣ ΤΑΣΗΣ	6,45	-8%
Αντλίες θερμότητας αέρος/νερού	ΕΚΘΕΤΙΚΗΣ ΤΑΣΗΣ	6,06	-53%
Αντλίες θερμότητας αέρος/αέρος	ADIDA-SES	6,32	-33%
Τοπικές κλιματιστικές μονάδες	ADIDA-SES	34,31	92%
Θερμαντικά σώματα	ADIDA-HOLT	17,10	-8%

Πίνακας 6.1 : Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων

Αρχικά, παρατηρείται ότι όσον αφορά την κατηγορία των λεβήτων φυσικού αερίου και των θερμαντικών σωμάτων, οι μέθοδοι πρόβλεψης έχουν προσεγγίσει με πολύ καλή ακρίβεια τα πραγματικά αποτελέσματα. Για τις δύο αυτές εμπορικές κατηγορίες η απόκλιση είναι 8%. Μάλιστα και στις δύο κατηγορίες η πρόβλεψη ήταν περισσότερο αισιόδοξη σε σχέση με τα πραγματικά αποτελέσματα.

Όσον αφορά όμως τις υπόλοιπες προϊόντικές κατηγορίες που εξετάστηκαν, παρατηρείται ότι οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν δεν θεωρούνται ακριβείς. Στην κατηγορία αντλιών θερμότητας αέρος/νερού η απόκλιση είναι 53%, στην κατηγορία των αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος 33% και στην κατηγορία των τοπικών κλιματιστικών μονάδων 92%. Στις δύο πρώτες κατηγορίες η πρόβλεψη ήταν αρκετά πιο αισιόδοξη σε σχέση με το πραγματικό αποτέλεσμα, εν αντιθέσει με τις τοπικές κλιματιστικές μονάδες όπου η ζήτηση ξεπέρασε κατά πολύ την πρόβλεψη.

Πέρα όμως από τα πραγματικά αποτελέσματα τα οποία εκφράζονται με απλά μαθηματικά, κρίνεται αναγκαίο να εξεταστούν και οι εξωγενείς παράγοντες που μπορούν να τα επηρεάσουν. Οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στις τρεις εμπορικές κατηγορίες, μπορούν να ερμηνευτούν η κάθε μία ξεχωριστά.

Αντλίες θερμότητας αέρος/νερού :

Κινητήρια δύναμη της αγοράς αντλιών θερμότητας αέρος/νερού αποτελούν τα τελευταία χρόνια τα επιδοτούμενα προγράμματα «Εξοικονομώ». Για το έτος 2024, η έναρξη των προγραμμάτων έχει καθυστερήσει σημαντικά από τους κρατικούς φορείς, γεγονός που δικαιολογεί την απόκλιση της μεθόδου πρόβλεψης. Αναμένεται ωστόσο να υπάρξει σημαντική αύξηση πωλήσεων το επόμενο χρονικό διάστημα.

Αντλίες θερμότητας αέρος/αέρος :

Κατά το έτος 2023 παρουσιάστηκε αύξηση των πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος, κυρίως λόγω του επιδοτούμενου κυβερνητικού προγράμματος «Ανακυκλώνω-Αλλάζω συσκευή». Κατά το έτος 2024 παρατηρείται πτωτική τάση στην αγορά καθώς πολλοί καταναλωτές αντικατέστησαν παλαιές αντλίες θερμότητας αέρος/αέρος με νέες την προηγούμενη χρονιά, ενώ πολλοί αναμένουν την ενημέρωση από τους κρατικούς φορείς σχετικά με την επανέναρξη ή μη του προγράμματος, γεγονός που δικαιολογεί την απόκλιση της μεθόδου πρόβλεψης που εφαρμόστηκε.

Τοπικές κλιματιστικές μονάδες :

Η επιχείρηση κλείνοντας εμπορική συμφωνία με κατασκευαστική εταιρία, κατόρθωσε να πουλήσει μέσα στο πρώτο τρίμηνο του 2024 ογδόντα εφτά (87) τοπικές κλιματιστικές μονάδες για τοποθέτηση σε νεόχτιστες οικοδομές. Εάν δεν λάβει κάποιος υπόψη τα αποτελέσματα της νέας αυτής συνεργασίας, η απόκλιση των πραγματικών αποτελεσμάτων από τις προβλεφθείσες τιμές θα ήταν 9% και η πρόβλεψη θα μπορούσε να θεωρηθεί σχετικά ακριβής. Παράλληλα, τέτοιου είδους συμφωνίες δεν έχουν αρνητική επίδραση στην καθημερινή λειτουργία της επιχείρησης και συγκεκριμένα στην διαχείριση του αποθέματος καθώς δεν έχουν την μορφή της καθημερινής συναλλαγής. Σε τέτοιες περιπτώσεις η επιχείρηση γνωρίζει εξ αρχής την ύπαρξη του project και είναι σε θέση να διαχειριστεί το απόθεμα.

6.3 Προεκτάσεις

Στην προηγούμενη παράγραφο παρατηρήθηκε ότι οι μέθοδοι πρόβλεψης που εφαρμόστηκαν, προσέγγισαν ικανοποιητικά τις πωλήσεις τις επιχείρησης για το πρώτο τρίμηνο του 2024 για δύο από τις πέντε εμπορικές κατηγορίες, ενώ για τις υπόλοιπες τρεις υπήρξε σημαντική απόκλιση. Μελλοντικά, προτείνεται να συνεχιστεί η εφαρμογή των μεθόδων πρόβλεψης που επιλέχθηκαν και να γίνει παράλληλα διερεύνηση και για διαφορετικές μεθόδους ή για εφαρμογή μεθόδων συνδυαστικά. Προτείνεται επίσης η εφαρμογή κριτικών (εμπειρικών) προβλέψεων που θα λαμβάνουν υπόψη και διάφορους άλλους παράγοντες οι οποίοι δεν είναι δυνατό να μοντελοποιηθούν με μαθηματικό τρόπο. Οι εμπειρικές προβλέψεις που θα λαμβάνουν υπόψη τις διάφορες οικονομικές ή γεωπολιτικές εξελίξεις θα πρέπει να συνδυάζονται με τα αποτελέσματα των ποσοτικών μεθόδων με στόχο την

ελαχιστοποίηση του σφάλματος πρόβλεψης. Προτείνεται επίσης να δοθεί ειδική μέριμνα στην καταγραφή του αντίκτυπου που έχουν στις πωλήσεις τα ειδικά γεγονότα που δείχνουν να επηρεάζουν θετικά την αγορά, όπως τα επιδοτούμενα κυβερνητικά προγράμματα εξοικονόμησης και ενεργειακής αναβάθμισης.

Παράλληλα προτείνεται η εφαρμογή των μεθόδων αυτών στο σύνολο των εμπορικών κατηγοριών της επιχείρησης, στην πώληση ανταλλακτικών αλλά και στις υπηρεσίες που η ίδια προσφέρει. Όσον αφορά τις υπηρεσίες που αναφέρονται, διευκρινίζεται ότι η επιχείρηση διαθέτει τμήμα Τεχνικής Υποστήριξης και δραστηριοποιεί εξειδικευμένους τεχνικούς για την επισκευή βλαβών, την συντήρηση και την θέση σε λειτουργία των προϊόντων που εμπορεύεται. Θα ήταν συνετό να γίνει μελλοντικά προσπάθεια καταγραφής των ζήτησης για την κάθε υπηρεσία που προσφέρεται και ανά εμπορική κατηγορία ώστε να υπάρξει πρόβλεψη των τεχνικών ζητημάτων που θα προκύψουν, με απώτερο σκοπό την καλύτερη οργάνωση του τμήματος και την βέλτιστη εξυπηρέτηση των πελατών.

Τέλος προτείνεται να αξιολογηθεί η σχέση ανάμεσα στις εμπορικές κατηγορίες και το πως ουσιαστικά μπορεί να επηρεάζει η μία την άλλη. Για παράδειγμα, εάν μία αύξηση στον ρυθμό πωλήσεων λεβήτων αερίου επηρεάζει αντίστοιχα των ρυθμό πωλήσεων των θερμαντικών σωμάτων καθώς πρόκειται για «συμπληρωματικά» προϊόντα. Αντίστοιχα θα μπορούσε κάποιος να εξετάσει εάν υπάρχει αντίστοιχη σύνδεση στις πωλήσεις αντλιών θερμότητας αέρος/νερού και στις πωλήσεις τοπικών κλιματιστικών μονάδων ή και αντιστρόφως, εάν για παράδειγμα μία αύξηση στις πωλήσεις αντλιών θερμότητας επιφέρει μείωση στις πωλήσεις λεβήτων φυσικού αερίου καθώς πρόκειται για «ανταγωνιστικά» προϊόντα.

Βιβλιογραφία

- [1] F. Petropoulos & V. Asimakopoulos, *Business Forecasting*, Symmetria, 2011.
- [2] S. Makridakis, S. Wheelwright & R. Hyndman, *Forecasting : Methods and applications*, Wiley, 1998.
- [3] G. Athanasopoulos & R. Hyndman, *Forecasting : Principles and practice*, Otexts, 2014.
- [4] Α.Μ.Σόφη, *Πρόβλεψη ζήτησης και καθορισμός αποθεμάτων σε βιομηχανία τροφίμων*, Μεταπτυχιακή εργασία, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, 2022.
- [5] "Inventory management methods", Katanamrp. [Ηλεκτρονικό]. Διαθέσιμο : <https://katanamrp.com/inventory-management-methods/>
- [6] Σ. Αντώνη, *Πρόβλεψη ζήτησης σε κεντρικές αποθήκες καταστημάτων λιανικής με έμφαση σε εποχιακά προϊόντα*, Μεταπτυχιακή εργασία, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, 2021.
- [7] Β. Φλαμπούρη, *Βελτιστοποίηση της διαδικασίας διαχείρισης αποθεμάτων μέσω της χρήσης προηγμένων αλγορίθμων πρόβλεψης*, Μεταπτυχιακή εργασία, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, 2020.
- [8] "Enterprise resource planning", Wikipedia. [Ηλεκτρονικό]. Διαθέσιμο : https://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise_resource_planning
- [9] "Warehouse management system", Wikipedia. [Ηλεκτρονικό]. Διαθέσιμο : https://en.wikipedia.org/wiki/Warehouse_management_system
- [10] "Manufacturing resource planning", Wikipedia. [Ηλεκτρονικό]. Διαθέσιμο : https://en.wikipedia.org/wiki/Manufacturing_resource_planning
- [11] Α. Πολιτάκη, *Πρόβλεψη ζήτησης για τον προγραμματισμό παραγωγής σε βιομηχανία τροφίμων*, Μεταπτυχιακή εργασία, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, 2021
- [12] J. Hanke & A. Reitsch, *Business forecasting*, Prentice Hall, 2008
- [13] J. D. Hamilton, *Time series analysis*, Princeton University Press, 1994.
- [14] E. Gardner, "Exponential smoothing : The state of the art – Part II", *International Journal of Forecasting*, vol.22, no. 4, 2006.

- [15] K. Nikolopoulos & A. Syntetos, "An aggregated-disaggregated intermittent demand approach (ADIDA) to Forecasting : An empirical proposition and analysis", *International Journal of Forecasting*, vol.27, no. 1, 2011.
- [16] Κ. Σεργέδος, *Πρόβλεψη ζήτησης σε καταστήματα λιανικής με μεθόδους συνάθροισης και τεχνικές μηχανικής μάθησης* Μεταπτυχιακή εργασία, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, 2020.
- [17] Β. Ανδριανοπούλου, *Μεθοδολογία πρόβλεψης ζήτησης προϊόντων εταιρείας καλλυντικών*, Μεταπτυχιακή εργασία, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, 2016.
- [18] P. Dalgaard, *Introductory statistics with R*, Springer, 2008
- [19] "How to determine forecastability of demand", Statusneo. [Ηλεκτρονικό]. Διαθέσιμο : <https://statusneo.com/how-to-determine-forecastability-of-demand/>
- [20] Χ. Τσόλκας, *Παραμετροποίηση της μεθόδου Croston με γνώμονα τη βέλτιστη διαχείριση αποθεμάτων*, Μεταπτυχιακή εργασία, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, 2011.

Κατάλογος εικόνων και σχημάτων

Εικόνα 3.45: Παράδειγμα στάσιμης χρονοσειράς

Εικόνα 3.46: Παράδειγμα εποχιακού παράγοντα χρονοσειράς

Εικόνα 3.47: Παράδειγμα κυκλικότητας χρονοσειράς

Εικόνα 3.48: Παράδειγμα συνιστώσας τάσης χρονοσειράς

Εικόνα 3.49: Παράδειγμα ακραίων τιμών χρονοσειράς

Εικόνα 3.50: Παράδειγμα τυχαιότητας χρονοσειράς

Εικόνα 3.51: Παράδειγμα γραφήματος αποσύνθεσης χρονοσειράς

Εικόνα 4.1: Διάγραμμα ροής μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε

Εικόνα 4.2 : Διάγραμμα πωλήσεων αντλιών θερμότητας ανά κωδικό και αθροιστικά

Εικόνα 4.3 : Γραφική απεικόνιση χρονοσειρών προβλήματος

Εικόνα 4.4 : Πίνακας Grubbs

Εικόνα 4.5: Παράδειγμα διαγράμματος αποσύνθεσης χρονοσειράς τοπικών κλιματιστικών μονάδων fan coil

Εικόνα 4.6: Παράδειγμα απεικόνισης δεικτών εποχικότητας χρονοσειράς τοπικών κλιματιστικών μονάδων fan coil

Εικόνα 4.7: Απεικόνιση κανονικής και αποεποχικοποιημένης χρονοσειράς

Εικόνα 4.8: Απεικόνιση διαγράμματος συντελεστή αυτοσυσχέτισης

Εικόνα 4.9: Κατηγοριοποίηση χρονοσειρών βάση στατιστικών δεικτών

Εικόνα 5.1: Χρονοσειρά πωλήσεων λεβήτων φυσικού αερίου

Εικόνα 5.2 : Διάγραμμα ACF χρονοσειράς πωλήσεων λεβήτων φυσικού αερίου

Εικόνα 5.3 : Χρονοσειρά πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/νερού

Εικόνα 5.4 : Διάγραμμα ACF χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/νερού

Εικόνα 5.5 : Χρονοσειρά πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος

Εικόνα 5.6 : Διάγραμμα ACF χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος

Εικόνα 5.7 : Χρονοσειρά πωλήσεων τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Εικόνα 5.52: Διάγραμμα ACF χρονοσειράς πωλήσεων τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Εικόνα 5.53 : Χρονοσειρά πωλήσεων θερμαντικών σωμάτων

Εικόνα 5.54 : Διάγραμμα ACF χρονοσειράς πωλήσεων θερμαντικών σωμάτων

Εικόνα 5.55 : Διάγραμμα αποσύνθεσης χρονοσειράς λεβήτων φυσικού αερίου

Εικόνα 5.56 : Διάγραμμα αποσύνθεσης χρονοσειράς θερμαντικών σωμάτων

Εικόνα 5.57 : Δείκτες εποχικότητας χρονοσειράς πωλήσεων λεβήτων φυσικού αερίου

Εικόνα 5.58 : Δείκτες εποχικότητας χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/νερού

Εικόνα 5.59 : Δείκτες εποχικότητας χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος

Εικόνα 5.60 : Δείκτες εποχικότητας χρονοσειράς πωλήσεων τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Εικόνα 5.61 : Δείκτες εποχικότητας χρονοσειράς πωλήσεων θερμαντικών σωμάτων

Εικόνα 5.62 : Σύγκριση αρχικής και αποεποχικοποιημένης χρονοσειράς πωλήσεων λεβήτων φυσικού αερίου

Εικόνα 5.63 : Σύγκριση αρχικής και αποεποχικοποιημένης χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/νερού

Εικόνα 5.64 : Σύγκριση αρχικής και αποεποχικοποιημένης χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος

Εικόνα 5.65 : Σύγκριση αρχικής και αποεποχικοποιημένης χρονοσειράς πωλήσεων τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Εικόνα 5.66 : Σύγκριση αρχικής και αποεποχικοποιημένης χρονοσειράς πωλήσεων θερμαντικών σωμάτων

Εικόνα 5.67 : Αποτελέσματα πρόβλεψης πωλήσεων λεβήτων φυσικού αερίου

Εικόνα 5.68 : Αποτελέσματα πρόβλεψης πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/νερού

Εικόνα 5.69 : Αποτελέσματα πρόβλεψης πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος

Εικόνα 5.70 : Αποτελέσματα πρόβλεψης πωλήσεων τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Εικόνα 5.71 : Αποτελέσματα πρόβλεψης πωλήσεων θερμαντικών σωμάτων

Εικόνα 5.72 : Εποχικοποιημένη πρόβλεψη χρονοσειράς πωλήσεων λεβήτων φυσικού αερίου

Εικόνα 5.73 : Εποχικοποιημένη πρόβλεψη χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/νερού

Εικόνα 5.74 : Εποχικοποιημένη πρόβλεψη χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος

Εικόνα 5.75 : Εποχικοποιημένη πρόβλεψη χρονοσειράς πωλήσεων τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Εικόνα 5.76 : Εποχικοποιημένη πρόβλεψη χρονοσειράς πωλήσεων θερμαντικών σωμάτων

Εικόνα 5.77 : Αποτελέσματα 2024 χρονοσειράς πωλήσεων λεβήτων φυσικού αερίου

Εικόνα 5.78 : Αποτελέσματα 2024 χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/νερού

Εικόνα 5.79 : Αποτελέσματα 2024 χρονοσειράς πωλήσεων αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος

Εικόνα 5.80 : Αποτελέσματα 2024 χρονοσειράς πωλήσεων τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Εικόνα 5.81 : Αποτελέσματα 2024 χρονοσειράς πωλήσεων θερμαντικών σωμάτων

Εικόνα 5.82 : Δείκτες ασφαμάτων ανά εμπορική κατηγορία

Εικόνα 5.83 : Σφάλμα ανά κωδικό λεβήτων φυσικού αερίου

Εικόνα 5.84 : Σφάλμα ανά κωδικό αντλιών θερμότητας αέρος/νερού

Εικόνα 5.85 : Σφάλμα ανά κωδικό αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος

Εικόνα 5.86 : Σφάλμα ανά κωδικό τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Εικόνα 5.87 : Σφάλμα ανά κωδικό θερμαντικών σωμάτων '60'

Εικόνα 5.88 : Σφάλμα ανά κωδικό θερμαντικών σωμάτων '90'

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 3.1 : Παράδειγμα συναθροισμένης χρονοσειράς με τριμηνιαία συχνότητα

Πίνακας 4.4: Πωλήσεις λεβήτων φυσικού αερίου κατά το έτος 2019

Πίνακας 4.5: Πίνακας λόγων εποχικότητας χρονοσειράς τοπικών κλιματιστικών μονάδων fan coil

Πίνακας 4.6: Κατηγοριοποίηση χρονοσειρών βάση στατιστικών δεικτών

Πίνακας 5.1 : Πωλήσεις λεβήτων φυσικού αερίου

Πίνακας 5.2 : Πωλήσεις αντλιών θερμότητας αέρος/νερού

Πίνακας 5.3 : Πωλήσεις αντλιών θερμότητας αέρος/αέρος

Πίνακας 5.4 : Πωλήσεις τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Πίνακας 5.5 : Πωλήσεις θερμαντικών σωμάτων

Πίνακας 5.6 : Στατιστική ανάλυση και κατηγοριοποίηση χρονοσειρών

Πίνακας 5.7 : Αποτελέσματα μεθόδων πρόβλεψης πωλήσεων λεβήτων φυσικού αερίου

Πίνακας 5.8 : Εποχικοποιημένη πρόβλεψη χρονοσειράς πωλήσεων λεβήτων φυσικού αερίου

Πίνακας 5.9 : Δείκτες σφαλμάτων χρονοσειράς λεβήτων αερίου

Πίνακας 5.10 : Δείκτες σφαλμάτων χρονοσειράς αντλιών θερμότητας αέρος-νερού

Πίνακας 5.11 : Δείκτες σφαλμάτων χρονοσειράς αντλιών θερμότητας αέρος-αέρος

Πίνακας 5.12 : Δείκτες σφαλμάτων χρονοσειράς τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Πίνακας 5.13 : Δείκτες σφαλμάτων χρονοσειράς θερμαντικών σωμάτων

Πίνακας 5.14 : Επιλογή καταλληλότερης μεθόδου πρόβλεψης ανά εμπορική κατηγορία

Πίνακας 5.15 : Αποτελέσματα μεθόδων πρόβλεψης ανά εμπορική κατηγορία

Πίνακας 5.16 : Ποσοστό επί των συνολικών πωλήσεων

Πίνακας 5.17 : Τελικές μηνιαίες προβλέψεις λεβήτων φυσικού αερίου

Πίνακας 5.18 : Ποσοστό επί των συνολικών πωλήσεων

Πίνακας 5.19 : Τελικές μηνιαίες προβλέψεις αντλιών θερμότητας αέρος-νερού

Πίνακας 5.20 : Τελικές μηνιαίες προβλέψεις αντλιών θερμότητας αέρος-αέρος

Πίνακας 5.21 : Τελικές μηνιαίες προβλέψεις τοπικών κλιματιστικών μονάδων

Πίνακας 5.22 : Τελικές μηνιαίες προβλέψεις θερμαντικών σωμάτων

Πίνακας 6.1 : Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων