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

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΣΕ ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΩΝ ΛΙΑΝΙΚΗΣ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΕ ΕΠΟΧΙΑΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΤΩΝΗ ΣΟΦΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΑΣΚΟΥΝΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε. Μ. Π.

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2021

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

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΣΕ ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΩΝ ΛΙΑΝΙΚΗΣ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΕ ΕΠΟΧΙΑΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΤΩΝΗ ΣΟΦΙΑ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)
.....	.....	.....
Δημήτριος Ασκούνης	Ιάκωβος Βενιέρης	Ιωάννης Ψαρράς

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

Copyright © Αντώνη Σοφία, 2021

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.

(Υπογραφή)

.....

Αντώνη Σοφία

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε το ακαδημαϊκό έτος 2020-2021 στα πλαίσια του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΠΜΣ) "Τεχνο-Οικονομικά Συστήματα", της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ) του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ).

Πριν ξεκινήσει η παρουσίαση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όσους συνέβαλαν στη διεκπεραίωση της.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή κ. Δημήτριο Ασκούνη για την ευκαιρία που μου έδωσε να εκπονήσω το θέμα της συγκεκριμένης διπλωματικής, το οποίο σχετίζεται άμεσα με τον κλάδο που δραστηριοποιούμαι, και φυσικά για τις κατευθύνσεις και τις συμβουλές που μου παρείχε κατά την προσέγγιση του θέματος.

Όσον αφορά για την ιδέα του θέματος θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή κ. Ιάκωβο Βενιέρη, καθώς οι γνώσεις του και οι συμβουλές του συνέβαλαν καταλυτικά στην κατανόηση την σπουδαιότητας του θέματος στο σύγχρονο επιχειρείν.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Ιωάννη Ψαρρά και τον καθηγητή κ. Βενιέρη Ιάκωβο για την τιμή που μου έκαναν να συμμετάσχουν στην επιτροπή εξέτασης της εργασίας.

Θα ήθελα να κάνω ιδιαίτερη αναφορά στον κύριο Σπηλιώτη Ευάγγελο, ερευνητικό συνεργάτη της Μονάδας Προβλέψεων και Στρατηγικής, και να τον ευχαριστήσω για την συνεργασία, τις συμβουλές και την καθοδήγηση που μου παρείχε πάντα με ευγένεια και προθυμία. Επίσης, κατείχε και ένα διδακτικό ρόλο, καθώς έμαθα αρκετά πάνω στο θέμα που πραγματευόμουν.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου. Ιδιαίτερα, τους γονείς μου και τον αδερφό μου, οι οποίοι είναι πάντα δίπλα μου ουσιαστικά, κάνοντας αυτό το ταξίδι ευκολότερο. Επίσης, όλους εκείνους από το οποίους συμβουλεύτηκα, έμαθα, στηρίχθηκα καθ’ όλη τη διάρκεια της φοίτησης μου στη σχολή.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική πραγματεύεται την ανάπτυξη και την αξιολόγηση μίας μεθόδου πρόβλεψης που βασίζεται στα ιστορικά δεδομένα που έχει στη διάθεση της μία επιχείρηση στον κλάδο του λιανεμπορίου. Οι πληροφορίες και γενικότερα η δυνατότητα να έχεις την γνώση τι ζήτηση θα υπάρχει στο μέλλον είναι καταλυτικό πλεονέκτημα στο επιχειρηματικό χώρο. Η στατιστική και συγκεκριμένα οι διάφορες μέθοδοι προβλέψεων έχουν συνδράμει αρκετά στην επίτευξη αυτού του στόχου.

Οι επιχειρήσεις, λοιπόν στο εργαλείο των πληροφοριακών συστημάτων που χρησιμοποιούν, έχουν εντάξει την διαχείριση αποθέματος αλλά και την πρόβλεψη. Οι διάφοροι μέθοδοι προβλέψεων ποικίλουν και η καθεμία προτιμάται ανάλογά με τα χαρακτηριστικά και τις ιδιαιτερότητες που έχουν τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται. Επομένως, είναι σημαντικό να αναλυθούν για να κατανοηθούν οι μέθοδοι αλλά και τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν όπως και η εταιρεία. Επίσης, παρουσιάζονται κάποια βασικά χαρακτηριστικά περιορισμών, οι οποίοι παίζουν σημαντικό ρόλο στην παραγγελιοδότηση των οργανισμών από το εξωτερικό.

Τα ιστορικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προήλθαν από αξιόπιστες πηγές και η μελέτη πραγματοποιήθηκε με χρήση γλώσσας R, στην πλατφόρμα R Studio ώστε να καταλήξουμε ποια μέθοδος προσεγγίζει καλύτερα την πραγματική ζήτηση και τις πραγματικές πωλήσεις. Οι υλοποιήσεις των μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν και των γραφημάτων που δημιουργήθηκαν προήλθαν από ευρέως διαδεδομένες βιβλιοθήκες R ανοικτού κώδικα.

Εν’ κατακλείδι, ύστερα από την ανάλυση και την πειραματική διαδικασία καταλήγουμε στις καλύτερες μεθόδους πρόβλεψης, οι οποίες προσομοιάζουν καλύτερα στην πραγματικότητα και γίνεται σύγκριση με τις διαδικασίες που ακολουθήθηκαν έως τώρα από τον εξεταζόμενο οργανισμό.

Abstract

The aim of this thesis is the development and evaluation of a forecasting method based on the historical data, that are available to a company in retail. The information and the ability to know what demand will be in the future is a major advantage in business. Statistics and the various forecasting methods have greatly contributed to achieving this goal.

Therefore, businesses depend to the information systems they use and lately have included inventory management and forecasting. The different forecasting methods are varied, and each is preferred depending on the characteristics and peculiarities of the data used. It is important so to analyze and to understand the methods, the company and data that will be used. Also, some key features of restrictions are presented, which play a significant role in the ordering of organizations from abroad.

The historical data that are used came from reliable sources and cover the period of five years from 2015 to 2019. The year 2019 will be considered unknown and we will try to predict it from yearly data 2015-2018.The study was conducted using R language, on the RStudio platform. The implementations of the models used, and the graphs generated came from well-known open-source R libraries.

Beyond the theoretical framework, the essential reason for the diploma is the study that will be followed in the R programming language, using the historical data. The importance is to conclude which method best approaches real demand and real sales. The time series, which are analyzed have different characteristics from each other, so it is logical that the results that will be obtained are not common but different from each other.

To conclude, after the analysis and the experimental process, we come to the best prediction methods, which better resemble reality and then are compared with the procedures followed so far by the examined organism.

Περιεχόμενα

..... 2

Ευχαριστίες 4

Περίληψη 5

Abstract 6

1. Εισαγωγή 10

1.1 Αντικείμενο εργασίας 10

1.2 Πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης αποθέματος 13

1.3 Δομή εργασίας 15

2. Μέθοδοι προβλέψεων 16

2.1. Εισαγωγή στις μεθόδους πρόβλεψης 16

2.2 Μέθοδος Naive 19

2.3 Απλός Μέσος Όρος 20

2.4 Κινητός Μέσος όρος 20

2.5 Απλή γραμμική παλινδρόμηση(LRL) 21

2.6 Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση 22

2.7 Μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης (Exponential Smoothing) 23

2.7.1Απλή Εκθετική Εξομάλυνση (Simple Exponential Smoothing - SES) 23

2.7.2Μοντέλο Γραμμικής Τάσης(Holt) 24

2.7.3 Μοντέλο Μη Γραμμικής Τάσης (Damped) 24

2.8 Μέθοδοι διακοπτόμενης ζήτησης 25

2.8.1 Μέθοδος Croston 25

2.8.2 Μέθοδος SBA 27

2.8.3 Μέθοδος TSB 27

2.8.4 Μέθοδος ADIDA 28

3. Εποχικότητα 28

3.1 Έννοια εποχικότητας 28

3.2 Δείκτες εποχικότητας 30

3.3 Παραδείγματα Εποχικότητας 30

4. Περιορισμοί στις διαδικασίες παραγγελιοδότησης 33

4.1 Χρόνος Παράδοσης (Lead Time) 34
4.2 Ελάχιστη Ποσότητα Παραγγελίας (M.O.Q) 36
4.3 Χρόνος μεταφοράς 37
4.4 Τρόπος διαχείρισης παραγγελίας 37
4.5 Ημερομηνία λήξης κωδικών 38
4.6 Συναλλαγματική ισοτιμία 38
4.7 Χρηματοοικονομικό κόστος 38
4.8 Έκτακτοι παράγοντες 39
5. Μελέτη Περίπτωσης 40
5.1 Παρουσίαση εταιρείας 40
5.2 Ανάλυση κωδικών και διαδικασιών παραγγελιοδότησης 42
5.2.1 Περιγραφή Δεδομένων 43
5.2.2 Υφιστάμενη μέθοδος παραγγελίας 44
5.2.3 Περιορισμοί στη μελέτη περίπτωσης 49
6. Πειράματα και Αποτελέσματα 50
6.1 Πειραματική Διάταξη 51
6.2 Αποσύνθεση και Αποεποχικοποίηση 52
6.3 Μέθοδος Εκθετικής Εξομάλυνσης(ETS) 55
6.4 Πρόβλεψη για χρονοσειρές διακοπτόμενης ζήτησης 56
6.5 Αποτελέσματα και αξιολόγηση μεθόδων 59
6.6 Σύγκριση διαδικασίας παραγγελίας και πρόβλεψης 67
7. Συμπεράσματα 73
8. Βιβλιογραφία 75

1. Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο εργασίας

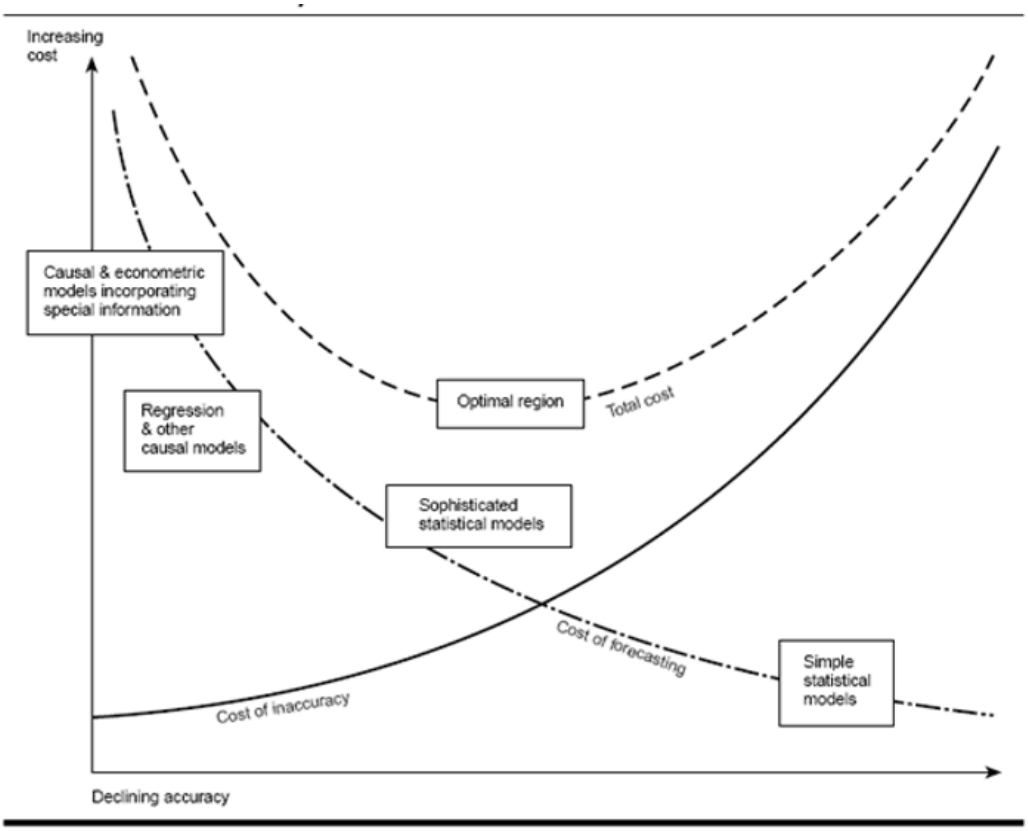
Στη σύγχρονη εποχή η πρόβλεψη για τις επιχειρήσεις και για την βιωσιμότητα τους έχει εξελιχθεί σε αναγκαιότητα. Η λήψη αποφάσεων ενέχει πλέον κινδύνους και προκλήσεις όπως οι ξαφνικές αλλαγές στα επίπεδα της ζήτησης, η δυσκολία αντιμετώπισης της εποχικότητας, η συνεχής ενημέρωση για τις ενέργειες που γίνονται στην αγορά, η άμεση ανταπόκριση στις μειώσεις τιμών των ανταγωνιστών αλλά και οι μεγάλες μεταβολές της οικονομίας. Οι τεχνικές πρόβλεψης λοιπόν συνδράμουν τα στελέχη των επιχειρήσεων στην αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων.

Αρχικά, δίδεται ιδιαίτερη μέριμνα για την επιλογή της σωστής τεχνικής για μία συγκεκριμένη εφαρμογή, καθώς όσο καλύτερα γίνεται κατανοητό το εύρος των δυνατοτήτων πρόβλεψης, τόσο πιθανότερο είναι οι προσπάθειες πρόβλεψης να φέρουν σωστά αποτελέσματα. Παρακάτω ακολουθούν κάποιοι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της μεθόδου πρόβλεψης, οι οποίοι πρέπει να σταθμίζονται συνεχώς και σε διάφορα επίπεδα.

- Η συνάφεια των ιστορικών δεδομένων
- Η διαθεσιμότητα των ιστορικών δεδομένων
- Η ακρίβεια δεδομένων
- Η αξία (κόστος-ωφέλεια) πρόβλεψης
- Χρονικό διάστημα πρόβλεψης
- Διαθέσιμος χρόνος ανάλυσης πρόβλεψης
- Το πλαίσιο πρόβλεψης

Οι τεχνικές προβλέψεις ποικίλουν ανάλογα με το κόστος, το εύρος και την ακρίβεια. Γι’ αυτό το λόγο, πρέπει να γίνει καθορισμός έως πιο επίπεδο ανακρίβειας μπορεί να ανεχθεί αυτός που θα πραγματοποιήσει την πρόβλεψη. Στη συνέχεια, ανάλογα με τις επιλογές του προχωράει στην ανταλλαγή της αξίας της ακρίβειας με το κόστος που της αναλογεί. Ο εργαζόμενος, ο οποίος πραγματοποιεί την πρόβλεψη, επιλέγει δηλαδή το βαθμό ακρίβειας που επιθυμεί να έχει η πρόβλεψη και τα χρήματα που θα δαπανηθούν για εκείνη.

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται πως αυξάνεται το κόστος και η ακρίβεια με την πολυπλοκότητα έναντι του αντίστοιχου κόστους των σφαλμάτων πρόβλεψης, λαμβάνοντας υπόψη κάποιες γενικές υποθέσεις. Από οικονομικής οπτικής, η τεχνική που μπορεί να δικαιολογηθεί είναι εκείνη που αφορά τη περιοχή που το άθροισμα των δύο δαπανών είναι ελάχιστο.



<u>Διάγραμμα 1.</u>Κόστος πρόβλεψης έναντι κόστους ανακρίβειας για πρόβλεψη μεσαίου εύρους δεδομένης διαθεσιμότητας δεδομένων. (Harvard Business Review, Analytics and Data Science. How to choose the right forecasting technique) How to Choose the Right Forecasting Technique (hbr.org)

Γενικότερα, το άτομο που κάνει την πρόβλεψη θα πρέπει να επιλέξει την τεχνική πρόβλεψης που αξιοποιεί με τον ορθότερο τρόπο τα δεδομένα που διαθέτει και να του προσφέρει την δυνητικά μεγαλύτερη ακρίβεια. Για την επίτευξη της καλύτερης τεχνικής χρειάζονται πληροφορίες και οι πληροφορίες πολλές φορές κοστίζουν ή χρειάζονται χρόνο για να αποκτηθούν. Επιπλέον, κατά την αφετηρία του εγχειρήματος μίας πρόβλεψης θα πρέπει να απαντηθούν τα παρακάτω ερωτήματα.

1. Ποιος είναι ο σκοπός της πρόβλεψης;

2. Πως θα χρησιμοποιηθεί για την επίτευξη καλύτερης ακρίβειας;

Στη παρούσα διπλωματική εργασία ο σκοπός της πρόβλεψης είναι η απόκτηση γνώσης για το ποιες είναι οι ποσότητες που πρέπει να παραγγείλει μια ελληνική εταιρεία λιανικού εμπορίου από χώρες του εξωτερικού και ιδιαίτερα από την Κίνα για να καλυφθεί η ζήτηση που θα υπάρχει για ένα εύλογο χρονικό διάστημα, χωρίς να υπάρχει υπεραπόθεμα. Για την επίτευξη καλύτερης ακρίβειας θα πραγματοποιηθεί μία μελέτη περίπτωσης, στην οποία θα αναλύσουμε δεδομένα του παρελθόντος χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους πρόβλεψης. Κατά αυτόν τον τρόπο θα καταλήξουμε ποια από αυτές τις μεθόδους μας δίνει τα καλύτερα δυνατά και ρεαλιστικά αποτελέσματα.

Για παράδειγμα, ποια μέθοδος δίνει καλύτερα αποτελέσματα για ένα προϊόν το οποίο πωλείται ένα μήνα το χρόνο όπως ένα χριστουγεννιάτικό στολίδι και ποια μέθοδος είναι ιδανική για προϊόντα που πωλούνται όλο το χρόνο όπως ένα κουζινικό σκεύος.

Οι μέθοδοι προβλέψεων που θα αναλύσουμε είναι οι παρακάτω:

1. Naïve&Seasonal Naïve
2. SBA
3. Μέσοι Όροι
4. Διακοπτόμενη Ζήτηση

a. Εκθετική εξομάλυνση
b. Croston
c. ADIDA

Επειδή τα προϊόντα, τα οποία θα αναλυθούν, ανήκουν και σε διαφορετικές κατηγορίες, διαφορετική θα είναι και σε κάποιες περιπτώσεις η μέθοδος πρόβλεψης που θα αρμόζει. Επομένως, δε θα χρησιμοποιηθούν όλες οι μέθοδοι στη μελέτη περίπτωσης αλλά θα γίνει επιλογή μεθόδου ανάλογα με την κατηγορία που αναλύουμε. Για παράδειγμα, σε περιπτώσεις κωδικών, τα οποία τα χαρακτηρίζει η εποχικότητα θα επικεντρωθούμε στη seasonal naïvekαι όχι στην naïveή θα γίνει έλεγχος της μεθόδου διακοπτόμενης ζήτησης.Ο στόχος λοιπόν είναι να

δημιουργηθεί ένα πλαίσιο που θα εξυπηρετεί τόσο σε εποχιακά, όσο και σε μη εποχιακά προϊόντα με πιθανή διακοπτόμενη ζήτηση.

1.2 Πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης αποθέματος

Στην Ελλάδα του 21ου αιώνα το κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον είναι συνεχώς μεταβαλλόμενο και τα σύγχρονα πληροφοριακά συστήματα ERPπαρέχουν αρκετά πλεονεκτήματα στις επιχειρήσεις, ικανοποιώντας τις ανάγκες που έχουν και συνδράμοντας στις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν στην αγορά. Τα χαρακτηριστικά τους είναι πολλά και εξελίσσονται μαζί με τις μεταβαλλόμενες ανάγκες των πελατών και των συνεργατών των εκάστοτε επιχειρήσεων. Μία από αυτές τις ιδιότητες που έχουν είναι και η δυνατότητα πρόβλεψης και ότι ενοποιεί και βελτιώνει αποτελεσματικά διάφορες εργασίες. Οι εργαζόμενοι ωφελούνται, διότι με την εγκατάσταση ενός ERPσυστήματος η πληροφορία είναι άμεσα διαθέσιμη προς όλους. Η ευκολία διάθεσης της πληροφορίας επιτρέπει στα στελέχη των επιχειρήσεων να ασχολούνται ουσιώδεις αναλύσεις και μειώνει το χρόνο αναζήτησης της πληροφορίας.

Ένα παράδειγμα πρόβλεψης σε ERPπληροφοριακά συστήματα είναι οι προβλέψεις ταμειακών ροών, με τα οποία οι επιχειρήσεις μπορούν να πετύχουν ένα ολοκληρωμένο χρηματοοικονομικό προγραμματισμό. Με λίγα λόγια, η κάθε επιχείρηση οργανώνει αποτελεσματικά το ταμείο της και το credit control, καθώς οι ταμειακές ροές και οι μελλοντικές απαιτήσεις και υποχρεώσεις της απεικονίζονται συνοπτικά και αναλυτικά με απλό και κατανοητό τρόπο. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα είναι η πληροφορία που παρέχει είτε ως προς βραχυπρόθεσμες-μακροπρόθεσμες εισροές-εκροές, είτε ως προς τις συναλλαγές και αξιόγραφα.

Παρακάτω παρουσιάζονται ολοκληρωμένα συστήματα που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά και τα χρησιμοποιούν για πρόβλεψη.

Οι πιο γνωστοί διεθνείς και εγχώριοι προμηθευτέςERPσυστημάτων στον ελληνικό χώρο είναι οι παρακάτω:

- SAP SE (S/4HANA, SAP R3, SAP Business One)
- Oracle Corporation (JD Edwards, Oracle ERP Cloud, E-Business Suite)

- Microsoft Corporation (Dynamics 365 Suite)
- Entersoft A.E. (Entersoft Business Suite)
- Singular Logic A.E. (Galaxy Enterprise Suite, Compak Win)
- SoftOne Technologies A.E. (Cloud ERP, Atlantis ERP)

Σε αντίθεση με τα ERP, ταWMSσυστήματαείναιεξειδικευμένεςλύσειςλογισμικούπουστοχεύουνστηνοργάνωσ ητωνδιαδικασιώνκαιλειτουργιώναποκλειστικάενόςτμήματοςμιαςεπιχείρησης, της αποθήκης της.

Οι βασικότερες λειτουργικότητες που περιλαμβάνονται σε ένα WMS σύστημα είναι οι εξής:

- Σχεδιασμός αποθήκης
- Παρακολούθηση αποθέματος
- Παραλαβή και αποθήκευση
- Συλλογή και συσκευασία αγαθών
- Αποστολή
- Διαχείριση εργασίας
- Διαχείριση εξωτερικού χώρου

Στα παραπάνω συστήματα δεν γίνεται μόνο η εγκατάσταση του λογισμικού στις επιχειρήσεις αλλά και ο σχεδιασμός τους ανάλογα των αναγκών, η εκπαίδευση του προσωπικού και η συντήρηση του συστήματος. Η παρουσία των ERPσυστημάτων στις επιχειρήσεις γίνεται ολοένα και περισσότερο απαραίτητη, διότι παρέχουν σπουδαίες επιχειρηματικές γνώσεις για την κάλυψη των μεταβαλλόμενων αναγκών των πελατών και των συνεργατών τους.

Εν κατακλείδι, τα πληροφοριακά συστήματα αποτελούν 'μοχλό' για την αλλαγή και ο ουσιαστικός σκοπός τους είναι η έναρξη και διατήρηση της επιχειρησιακής αλλαγής και όχι μόνο η υλοποίηση ενός συστήματος ERP.

1.3 Δομή εργασίας

Στα επόμενα κεφάλαια δίνεται ιδιαίτερη αναφορά αφενός στην εταιρεία που αναλύεται, στις διαδικασίες παραγγελιών που ακολουθεί και αφετέρου γενικότερα στην έννοια της πρόβλεψης και των μεθόδων της.

Συγκεκριμένα, στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται γενικά οι μέθοδοι προβλέψεων και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση σε αυτές που θα χρησιμοποιηθούν στην πειραματική διαδικασία. Ο διαχωρισμός στις χρονοσειρές γίνεται ως χρονοσειρές συνεχούς ζήτησης και σε χρονοσειρές διακοπτόμενης ζήτησης.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η έννοια της εποχικότητας, οι δείκτες της και κάποια παραδείγματα για την κατανόηση της σπουδαιότητας της. Με λίγα λόγια, τα προϊόντα χαρακτηρίζονται ως είδη εποχιακά ή είδη ροής και ύστερα ακολουθείται διαφορετική διαχείριση τους όσον αφορά την πρόβλεψη και την παραγγελιοληψία.

Το τέταρτο κεφάλαιο είναι και ένα από τα σημαντικότερα, καθώς γίνεται αναφορά στους περιορισμούς που υπάρχουν όταν ένα στέλεχος μίας επιχείρησης αποφασίζει να προχωρήσει στη διαδικασία της παραγγελίας από το εξωτερικό. Οι περιορισμοί είναι καθοριστικοί παράγοντες, οι οποίοι λαμβάνονται υπόψη όχι μόνο όσον αφορά τις ποσότητες αλλά ακόμη για το εάν θα πραγματοποιηθεί μία παραγγελία.

Η μελέτη περίπτωσης ξεκινάει στο πέμπτο κεφάλαιο και αναπτύσσεται περισσότερο στο έκτο κεφάλαιο με τα πειραματικές διεργασίες που γίνονται στη γλώσσα προγραμματισμού R. Στο πέμπτο κεφάλαιο λοιπόν, γίνεται μία γενική παρουσίαση της εταιρείας και των κωδικών που χρησιμοποιούνται στη μελέτη μας. Επιπλέον, η παρουσίαση επεκτείνεται στις διαδικασίες που ακολουθούνται στις μαζικές καταχωρήσεις παραγγελιών για τον ανεφοδιασμό κεντρικών αποθηκών.

Ύστερα από την παρουσίαση του υλικού που έχουμε, ακολουθεί στο έκτο κεφάλαιο όπως είπαμε η διενέργεια τον ελέγχων και καταλήγουμε στο ποια θεωρείται καλύτερη μέθοδος πρόβλεψης ανά χρονοσειρά και για το εάν η

παραγγελιοδότηση έχει καλύτερα αποτελέσματα όπως γίνεται μέχρι στιγμής ή με την χρήση των μεθόδων πρόβλεψής που πραγματευόμαστε στη παρούσα διπλωματική.

Στο τελευταίο κεφάλαιο καταλήγουμε στα συμπεράσματα, ύστερα από την έκθεση της μελέτης περίπτωσης.

2. Μέθοδοι προβλέψεων

2.1. Εισαγωγή στις μεθόδους πρόβλεψης

Η διερεύνηση της συμπεριφοράς ενός φαινομένου στηρίζεται στην ποσοτική επεξεργασία ενός αριθμού παρατηρήσεων μιας ή περισσότερων μεταβλητών. Στόχος αυτής της προσπάθειας αποτελεί η παραγωγή αριθμητικών εκτιμήσεων που αφορούν την μελλοντική εξέλιξη των τιμών μια μεταβλητής, η οποία ερμηνεύει την συμπεριφορά του υπό εξέταση φαινομένου. Το παραπάνω επιτυγχάνεται με την εφαρμογή της κατάλληλης μεθόδου πρόβλεψης.

Για την διενέργεια των προβλέψεων υπάρχει ένας μεγάλος αριθμό μεθόδων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με την εξεταζόμενη περίπτωση. Οι μέθοδοι προβλέψεων που θα παρουσιαστούν αφορούν την ανάλυση παλινδρόμησης και την ανάλυση χρονοσειρών. Σπουδαίο ρόλο στη διαμόρφωση μίας πρόβλεψης έχει και η στατιστική ανάλυση, στην οποία βασίζονται οι περισσότερες από τις μεθόδους πρόβλεψης.

Η ανάλυση παλινδρόμησης παρουσιάζει στην διερεύνηση της συμπεριφοράς ενός οικονομικού φαινομένου, στο οποίο εμπλέκονται περισσότερες από μία μεταβλητές. Η αναγνώριση της ποσοτικής σχέσης που υπάρχει μεταξύ των τιμών μιας μεταβλητής και των τιμών μίας άλλης αποτελεί έναν από τους στόχους. Οι παρατηρήσεις των μεταβλητών μπορεί να προέρχονται είτε από διαστρωματικά στοιχεία είτε από χρονοσειρές. Όταν επιτευχθεί η αναγνώριση της ποσοτικής σχέσης, τότε η σχέση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια για την δημιουργία προβλέψεων που αφορούν την μελλοντική εξέλιξη των τιμών της μεταβλητής που ερμηνεύει το φαινόμενο.

Η ανάλυση χρονοσειρών ασχολείται αποκλειστικά με την διερεύνηση της διαχρονικής συμπεριφοράς των τιμών μίας μεταβλητής. Οι παρατηρήσεις έχουν την προέλευση τους από τη χρονοσειρά και η πρόβλεψη των μελλοντικών τιμών της μεταβλητής μπορεί να προέλθει από τις ακόλουθες τρεις κατηγορίες μεθόδων προβλέψεων:

1. Μέθοδοι εξομάλυνσης
2. Αποσύνθεση
3. Μοντέλα arima

Οι μέθοδοι εξομάλυνσης είναι τεχνικές με τις οποίες προσδιορίζονται οι μελλοντικές τιμές μίας μεταβλητής με βάση τον τρόπο εφαρμογής τους. Οι τεχνικές αυτές ονομάζονται μέθοδοι εξομάλυνσης, καθώς η δημιουργία των προβλέψεων προέρχεται από την εξομάλυνση της διαχρονικής εξέλιξης των τιμών της μεταβλητής, έτσι ώστε να αναγνωριστεί καλύτερα ο τρόπος συμπεριφοράς της. Κάποιες από τις μεθόδους εξομάλυνσης έχουν την δυνατότητα να εφαρμοστούν και σε περιπτώσεις μικρού αριθμού παρατηρήσεων της μεταβλητής.

Η διάσπαση χρονοσειρών στηρίζεται στην υπόθεση ότι οι τιμές μιας χρονοσειράς σχηματίζονται από τα στοιχεία που την συνθέτουν. Τα στοιχεία αυτά είναι η τάση, η κυκλικότητα, η εποχικότητα και η μη κανονικότητα. Για να τελεστούν οι προβλέψεις με την συγκεκριμένη μέθοδο, η χρονοσειρά διασπάται στα παραπάνω τέσσερα συνθετικά της στοιχεία και γίνεται προσδιορισμός της επιρροής που έχει το καθένα στη διαμόρφωση των τιμών της μεταβλητής.

Η ανάλυση ARIMA είναι μία περισσότερο σύνθετή στατιστική μέθοδος από τις προηγούμενες δύο, με την οποία αναγνωρίζεται ο τρόπος δημιουργίας των τιμών της μεταβλητής. Με τη μέθοδο αυτή επιλέγεται από μία μεγάλη κατηγορία υποδειγμάτων, εκείνο που θεωρείται ως το πιο κατάλληλο για την διαμόρφωση των προβλέψεων.

Για Στις παρακάτω ενότητες θα πραγματοποιηθεί μία αναλυτική περιγραφή των μεθόδων πρόβλεψης, τα οποία αφορούν τα παρακάτω μοντέλα:

- Naïve

- Απλός μέσος όρος
- Κινητός μέσος όρος
- Απλή γραμμική παλινδρόμηση(LRL)
- Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση
- Απλή εκθετική εξομάλυνσης (SES)
- Μοντέλο γραμμικής τάσης (Holt)
- Μοντέλο μη γραμμικής τάσης (Damped)
- Croston
- SBA
- TSB
- ADIDA

Για την πρόβλεψη χρονοσειρών, μπορούν να εφαρμοστούν διάφορες μέθοδοι. Οι μέθοδοι αυτές διακρίνονται ανάλογα με την κατηγορία των χρονοσειρών δηλαδή εάν είναι συνεχής ή διακοπτόμενη ζήτηση.

Οι μέθοδοι για την πρόβλεψη χρονοσειρών ανά κατηγορία, παρουσιάζονται στην συνέχεια:

<u>Μέθοδοι για συνεχής Ζήτηση</u>

a. Exponential smoothing
b. Naïve
c. Holt
d. Damped Trend
e. ETS
f. Auto arima

<u>Μέθοδοι για διακοπτόμενη Ζήτηση</u>

a. Croston
b. TSB (Teunter-Syntetos-Babai) method
c. SBA
d. ADIDA

2.2 Μέθοδος Naive

Η μέθοδος Naïve ονομάζεται και διαφορετικά απλοϊκή μέθοδος, καθώς είναι η απλούστερη. Με αυτή την μέθοδο χρησιμοποιούμε την προηγούμενη περίοδο για να προβλέψουμε την επόμενη περίοδο.

Για παράδειγμα θέλουμε να προβλέψουμε τις πωλήσεις μίας περιόδου και στη περίπτωση που η πρόβλεψη είναι μικρότερη από τις πραγματικές πωλήσεις εντός αυτής της χρονικής περιόδου, τότε το ποσοστό θα είναι θετικό. Ένα θετικό ποσοστό σημαίνει ότι αυτό που πουλήσαμε πραγματικά είναι μεγαλύτερο από αυτό που προβλέψαμε. Ένα αρνητικό ποσοστό σημαίνει ότι πουλήσαμε λιγότερο από την πρόβλεψη που υποδεικνύει ότι θα πουλήσουμε. Για τον υπολογισμό μιας απλής πρόβλεψη με την μέθοδο naïveλαμβάνουμε υπόψη τον προηγούμενο μήνα των πωλήσεων και τον συνδέουμε με την επόμενη περίοδο.

Το πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι έχει καλή απόδοση όταν προβλέπεται ένα χρονικό διάστημα μπροστά σε αποεποχικοποιημένες χρονοσειρές. Αυτό συμβαίνει επειδή η αναμενόμενη τιμή της πρόβλεψης δεν διαφέρει σημαντικά από την τελευταία παρατήρηση που είναι διαθέσιμη. Το αρνητικό δεν δίνει συνήθως ακριβείς προβλέψεις και γι’ αυτό το λόγο δεν προτιμάται.

Η μαθηματική σχέση της πρόβλεψης Naive παρουσιάζεται παρακάτω:

$$F_t = Y_{t-1}$$

Επιπλέον, υπάρχει μία παραλλαγή της naïve, η οποία είναι κατάλληλη για δεδομένα που παρουσιάζουν έντονη εποχικότητα και ονομάζεται **seasonal naïve.** Με την συγκεκριμένη μέθοδο η πρόβλεψη θεωρείται ίση με την τελευταία παρατήρηση της διαθέσιμης χρονοσειράς αλλά αυτή τη φορά από την αντίστοιχη εποχή του χρόνου.

Ft+1= $yT+h-km$

m=seasonal period,

k=⌊(h−1)/m⌋+1

2.3 Απλός Μέσος Όρος

Η μέθοδος του απλού μέσου όρου έγκειται στον μέσο όρο όλων παρατηρήσεων και στην χρήση αυτής της τιμής για πρόβλεψη.

Η μαθηματική σχέση της πρόβλεψης του απλού μέσου όρου παρουσιάζεται παρακάτω:

$$F_{t+1} = \frac{1}{t}\sum_{i=1}^{t} Y_i$$

Η μέθοδος αυτή είναι επιτυχής όταν οι παρατηρήσεις μίας χρονοσειράς δεν παρουσιάζουν τάση ή εποχικότητα, δηλαδή εκεί που υπάρχει σταθερότητα.

2.4 Κινητός Μέσος όρος

Η μέθοδος του απλού κινητού μέσου είναι μια απλή μέθοδος προβλέψεων που χρησιμοποιεί ως πρόβλεψη την τιμή του αριθμητικού μέσου όρου των m πρόσφατων παρατηρήσεων της χρονοσειράς. Ο λόγος είναι επειδή οι πρόσφατες παρατηρήσεις της χρονοσειράς θεωρούνται περισσότερο αντιπροσωπευτικές για την δημιουργία προβλέψεων απ' ότι οι πιο απομακρυσμένες στο παρελθόν. Ο συγκεκριμένος μέσος όρος ονομάζεται κινητός, καθώς η τιμή του δεν είναι σταθερή αλλά αναπροσαρμόζεται κάθε φορά που μία νέα παρατήρηση της χρονοσειράς γίνεται διαθέσιμη.

Η εξίσωση του απλού κινητού μέσου όρου παρουσιάζεται παρακάτω:

$$F_{t+1} = \frac{1}{k} \cdot \sum_{i=t-k+1}^{t} Y_i$$

Η πρόβλεψη που προκύπτει στη περίπτωση είναι ο αριθμητικός μέσος όρων των mπιο πρόσφατων παρατηρήσεων της χρονοσειράς και για τον λόγο αυτό η μέθοδος ονομάζεται και απλό κινητός μέσος mπεριόδων. Στην πράξη βέβαια, η τιμή του

mδεν είναι πάντα προκαθορισμένη, αλλά εξαρτάται από την κρίση του αναλυτή και από τα δεδομένα των παρατηρήσεων της χρονοσειράς.

Το πλεονέκτημα του κινητού μέσου όρου είναι η σπουδαιότητα που προσδίδεται στις τελευταίες ίσου πλήθους παρατηρήσεις ενώ τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει είναι ότι απαιτεί περισσότερο χώρο αποθήκευσης δεδομένων. Ο λόγος είναι ότι πρέπει να αποθηκευτούν όλες οι παρατηρήσεις από τις οποίες θα εξάγεται κάθε φορά ο μέσος όρος και όχι απλά η τιμή του μέσου όρου. Επίσης, δεν είναι εύκολη η διαχείριση των κύριων χαρακτηριστικών των χρονοσειρών όπως η τάση και η εποχικότητα.

2.5 Απλή γραμμική παλινδρόμηση(LRL)

Με την μέθοδο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης προσδιορίζεται ποσοτικά η συγκεκριμένη γραμμική σχέση που υπάρχει μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής Y και μιας ανεξάρτητης μεταβλητής X , οι τιμές της οποίας επηρεάζουν τον τρόπο συμπεριφοράς των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής Y. Για να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της απλής γραμμικής παλινδρόμησης πρέπει η τιμή μιας μεταβλητής να εξαρτάται από την τιμή ή την μεταβολή της τιμής κάποιας άλλης. Οι βασικές υποθέσεις του μοντέλου είναι ότι τα σφάλματα του έχουν μηδενική τιμή και δεν παρουσιάζουν αυτοσυσχέτιση, καθώς και ότι είναι καλό να παρουσιάζουν κανονική κατανομή.

$$\hat{Y}_i = \alpha + \beta \cdot X_i$$

$$\sum e_i^2 = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

$$\beta = \frac{\frac{\sum X_i Y_i}{n} - \bar{X}\bar{Y}}{\frac{\sum X_i^2}{n} - \bar{X}^2} = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2}$$

$$a = \bar{Y} - \beta \bar{X}$$

Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης r είναι ένας δείκτης του βαθμού συσχέτισης των δύο μεταβλητών και επομένως μας βοηθά να ελέγξουμε εάν η υπάρχει η εξάρτηση. Συγκεκριμένα, ο συντελεστής rλαμβάνει τιμές στο διάστημα [-1, 1] και

ερμηνεύεται με δύο τρόπους. Πρώτον, δείχνει την κατεύθυνση της σχέσης μεταξύ των δύο μεταβλητών, για παράδειγμα όταν οι τιμές της μίας αυξάνονται, οι τιμές της άλλης είτε μειώνονται είτε αυξάνονται. Δεύτερον, μας δείχνει τον βαθμό συσχέτισης, την δυνατότητα λοιπόν της γραμμής παλινδρόμησης να εκφράσει τη σχέση μεταξυ των μεταβλητών. Όταν, δηλαδή το rπλησιάζει κατά απόλυτη τιμή τη μονάδα τόσο μικρότερη είναι η απόκλιση των πραγματικών τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής από αυτές του μοντέλου ενώ όταν απομακρύνεται από το μηδέν τόσο πιο ισχυρή θεωρείται η συσχέτιση ανάμεσα στις δύο μεταβλητές.

$$Cov_{XY} = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n}$$

$$Cov_{XX} = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n} = Var_X = S_X^2$$

$$Cov_{YY} = \frac{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}{n} = Var_Y = S_Y^2$$

$$r_{XY} = \frac{Cov_{XY}}{\sqrt{Cov_{YY}Cov_{XX}}} = \frac{Cov_{XY}}{S_Y S_X}$$

2.6 Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση

Στη διερεύνηση των οικονομικών φαινομένων είναι εύλογο η εξαρτημένη μεταβλητή να εξαρτάται όχι μόνο από μία ανεξάρτητη μεταβλητή αλλά από περισσότερες. Σε αυτές τις περιπτώσεις γίνεται εφαρμογή της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (multiple linear regression), στην οποία περιλαμβάνονται όλες εκείνες οι ανεξάρτητες μεταβλητές που επηρεάζουν σημαντικά την εξαρτημένη μεταβλητή Y.

Παρακάτω δίνεται η σχέση από το πολλαπλό γραμμικό υπόδειγμα, όπου eείναι το τυχαίο σφάλμα του υποδείγματος.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \cdots + \beta_k \cdot X_k + e$$

Η διαφορά μεταξύ της απλής και πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης αφορά στην ερμηνεία των συντελεστών του κάθε υποδείγματος. Στην απλή γραμμική

παλινδρόμηση ο συντελεστής β της ανεξάρτητης μεταβλητής X φανερώνει την συνολική (total) μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής Y, όταν η ανεξάρτητη μεταβλητή X μεταβάλλεται κατά μία μονάδα. Αντίθετα, στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση ο συντελεστής μίας ανεξάρτητης μεταβλητής φανερώνει τη μερική μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής Y, όταν μεταβληθεί αυτή η ανεξάρτητη μεταβλητή κατά μία μονάδα και οι άλλες παραμένουν σταθερές.

2.7 Μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης (Exponential Smoothing)

Μία μέθοδος εύκολη στη χρήση της, η οποία χρειάζεται ελάχιστα ιστορικά δεδομένα και έχει μικρό υπολογιστικό κόστος είναι η μέθοδος της εκθετικής εξομάλυνσης. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για βραχυπρόθεσμες προβλέψεις και προβλέπει υπολογίζοντας το μέσο όρο των δεδομένων, κάνοντας χρήση των εκθετικών συντελεστών βαρύτητας. Εξομαλύνει λοιπό τα ιστορικά δεδομένα δίνοντας μεγαλύτερη βαρύτητα στα πιο πρόσφατα δεδομένα, με στόχο την απομόνωση του προτύπου των δεδομένων από τις τυχαίες διακυμάνσεις.

Τα μοντέλα εκθετικής εξομάλυνσης είναι τα παρακάτω:

1. Απλή Εκθετική Εξομάλυνση/Σταθερού επιπέδου (**SES)**
2. Γραμμικής τάσης (**HOLT)**
3. Μη Γραμμικής τάσης(**DAMPED)**

2.7.1Απλή Εκθετική Εξομάλυνση (Simple Exponential Smoothing - SES)

Παρακάτω βρίσκεται η εξίσωση του μοντέλου σταθερού επιπέδου, το οποίο ορίζεται και ως απλή εκθετική εξομάλυνση.

$$e_t = Y_t - F_t$$
$$S_t = S_{t-1} + a \cdot e_t$$
$$F_{t+1} = S_t$$

Όπου e δηλώνει το σφάλμα, S δηλώνει το επίπεδο, F την πρόβλεψη και t τη χρονική περίοδο. Η παράμετρος α αποτελεί το συντελεστή εξομάλυνσης της μεθόδου και μπορεί να λάβει τιμές στο διάστημα [0,1].

Για να αρχίσει η διαδικασία υπολογισμού του μοντέλου πρόβλεψης ορίζεται ένα αρχικό επίπεδο Sοκαι ώς αρχικό επίπεδο χρησιμοποίείται είτε ο μέσος όρος των παρατηρήσεων, είτε ο μέσος όρος των πρώτων ηπαρατηρήσεων, είτε το σταθερό πίπεδο από το μοντέλο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης.

2.7.2Μοντέλο Γραμμικής Τάσης(Holt)

Η εκθετική εξομάλυνση με προσαρμογή στην τάση είναι γνωστή και έως μέθοδο Holt, χρησιμοποιείται κι όταν υπάρχει τάση στις παρατηρήσεις της χρονοσειράς.

$$e_t = Y_t - F_t$$
$$S_t = S_{t-1} + T_{t-1} + a \cdot e_t$$
$$T_t = T_{t-1} + a \cdot b \cdot e_t$$
$$F_{t+m} = S_t + m \cdot T_t$$

Οι συντελεστές α και β επιλέγονται έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (MSE), όπου 0<α<1και 0<β<a

2.7.3 Μοντέλο Μη Γραμμικής Τάσης (Damped)

Το μοντέλο μη γραμμικής τάσης μπορεί να χρησιμοποιήθει σαν ένα αυτόματο μοντέλο πρόβλεψης για κάθε μη εποχιακή χρονοσειρά, ανάλογα με το dampingfactorπου θα επιλέξουμε.

$$e_t = Y_t - F_t$$
$$S_t = S_{t-1} + T_{t-1} + a \cdot e_t$$
$$T_t = T_{t-1} + a \cdot b \cdot e_t$$
$$F_{t+m} = S_t + \sum_{i=1}^{m} \varphi^i \cdot T_t$$

- ✓ Για φ= 0, το μοντέλο ταυτίζεται με αυτό της απλής εκθετικής εξομάλυνσης
- ✓ Για 0<φ<1, το μοντέλο χαρακτηρίζεται από φθίνουσα τάση
- ✓ Για φ = 1 , το μοντέλο ταυτίζεται με το μοντέλο γραμμικής τάσης
- ✓ Για φ>1, το μοντέλο περιγράφει εκθετική εξομάλυνση με εκθετική τάση

2.8 Μέθοδοι διακοπτόμενης ζήτησης

Το χαρακτηριστικό της διακοπτόμενης ζήτησης είναι ότι εμφανίζεται σποραδικά, καθώς υπάρχουν χρονικές περιόδους όπου η ζήτηση είναι μηδενική. Υπάρχει λοιπόν ασυνέχεια των παρατηρήσεων και μεγάλη διακύμανση μεταξύ δύο μη μηδενικών παρατηρήσεων, οι οποίες καθιστούν δύσκολη την διαδικασίας της πρόβλεψης. Τα χαρακτηριστικά σε μία χρονοσειρά που εμφανίζονται λόγω της μη διακοπτόμενης ζήτησης είναι οι παρακάτω:

- Η χρονοσειρά εμπεριέχει πολλαπλές χρονικές στιγμές στις οποίες το μέγεθος που απεικονίζεται λαμβάνει την τιμή μηδέν.
- Η χρονοσειρά δεν παρουσιάζει εποχιακή συμπεριφορά.

2.8.1 Μέθοδος Croston

Στην μέθοδος τουCroston, η χρονοσειρά των πραγματικών παρατηρήσεων διαχωρίζεται σε δύο επιμέρους, δηλαδή σε αυτήν που αποτελείται από τα χρονικά διαστήματα μεταξύ των μη μηδενικών ζητήσεων (intervals) και σε εκείνη που αποτελείται από το πλήθος των ανεξάρτητων μη μηδενικών ζητήσεων (demands).Οι δύο χρονοσειρές προεκτείνονται ανεξάρτητα με χρήση της μεθόδου εκθετικής εξομάλυνσης σταθερού επιπέδου. Ως παράμετρος εξομάλυνσης στην εφαρμογή της μεθόδου είναι συνήθης στη βιβλιογραφία η χρήση της τιμής α=0.05.

Ένα πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τον ίδιο ακριβώς τρόπο και για τα δεδομένα συνεχούς ζήτησης, αφού πλέον συμπίπτει με απλή εφαρμογή της εκθετικής εξομάλυνσης σταθερού επιπέδου. Επίσης, έχει αποδειχθεί μεγίστης αξίας για τους κατασκευαστές που αντιμετωπίζουν δεδομένα διακοπτόμενης ζήτησης. Από την άλλη πλευρά, ένα μειονέκτημα είναι ότι η διακοπτόμενη ζήτηση μπορεί να οδηγήσει του επιπέδου προμήθειας αποθεμάτων επιφέροντας προκατάληψη στις εκτιμήσεις της μέσης ζήτησης.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο τύπος που εφαρμόζεται κατά την πρόβλεψη Croston:

$$F_{Croston} = \frac{F_{demands}}{F_{intervals}}$$

Ένα κοινό σύστημα ταξινόμησης είναι αυτό που προτείνει Syntetos and Boylan. Το προτεινόμενο σχέδιο βασίζεται σε μέσο διάστημα ζήτησης (ADI) και ο τετραγωνικός συντελεστής διακύμανσης των μεγεθών της ζήτησης όταν προκύπτει ζήτηση (CV2).

Μέσο διάστημα μεταξύ των απαιτήσεων (ADI): Αυτή η παράμετρος είναι με βάση την περίοδο που υπολογίζεται ως μέσος χρόνος μεσοδιαστήματος μεταξύ δύο εμφανίσεων ζήτησης.

$$\mathrm{ADI} = \frac{\sum_{i=1}^{N} ti}{N}$$

όπου ti είναι η χρονική περίοδος μεταξύ δύο συνεχόμενων περιόδους ζήτησης και το N αντιπροσωπεύει τον αριθμό όλων των περιόδων ζήτηση διαιρούμενη με τη μέση ζήτηση για περιόδους μη μηδενικής ζήτησης.

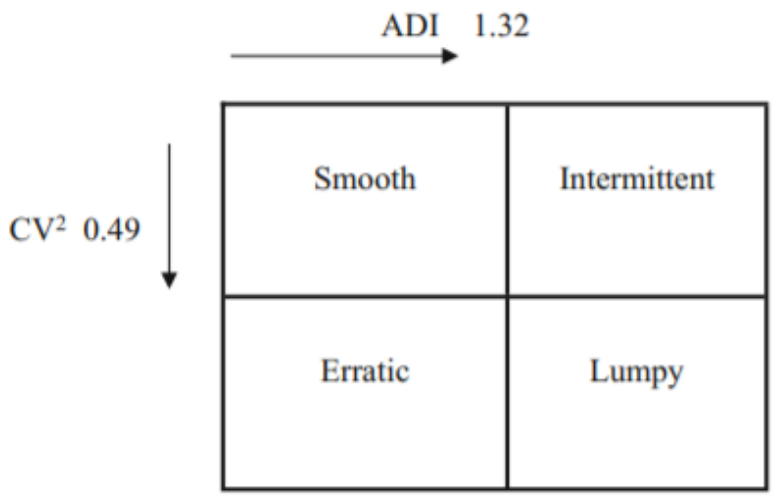


Figure 1. Syntetos *et al.* Categorization Scheme.

https://www.ias.ac.in/article/fulltext/sadh/045/0051

Ο τετραγωνικός συντελεστής διακύμανσης αντιπροσωπεύει τη μεταβλητότητα του μεγέθους της ζήτησης,

$$CV^2 = \left[\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\varepsilon_i - \varepsilon)^2}{N}}}{\varepsilon} \right]^2$$

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^{N} \varepsilon i}{N}$$

όπου το N αντιπροσωπεύει τον αριθμό των περιόδων που έχουν μη μηδενική ζήτηση, ei αντιπροσωπεύει τη ζήτηση σε περίοδο, e αντιπροσωπεύει τη μέση ζήτηση λαμβάνοντας υπόψη μόνο περιόδους χωρίς μηδέν ζήτηση (Figure 1).

2.8.2 Μέθοδος SBA

Μία τροποποίηση της μεθόδου Crostonαποτελεί η μέθοδος SBA, η οποία εφαρμόζεται από τον παρακάτω τύπο.

$$F_{SBA} = \left(1 - \frac{a}{2}\right) \cdot \frac{F_{demands}}{F_{intervals}} = \left(1 - \frac{a}{2}\right) \cdot F_{Croston}$$

Η αρχική μέθοδος Croston παρουσιάζει μικρότερη θετική προκατάληψη εάν υπάρχουν λίγες μη μηδενικές τιμές στη ζήτηση ενώ η τροποποιημένη μέθοδος των SBA έχει μικρότερη προκατάληψη εάν παρατηρούνται περισσότερες μηδενικές τιμές στη ζήτηση.

2.8.3 Μέθοδος TSB

Η μέθοδος TSB αντικαθιστά το demand interval της μεθόδου Croston με demand probability, δηλαδή την πιθανότητα ύπαρξης ζήτησης σε κάθε χρονική περίοδο. Η ανάγκη για τη διαφοροποίηση αυτή προκύπτει καθώς στη μέθοδο Croston η ζήτηση ανανεώνεται μόνο όταν προκύπτει τιμή διάφορη του μηδενός, ενώ σε καταστάσεις και χρονοσειρές σε πρακτικό επίπεδο παρατηρείται συχνά η ύπαρξη πολλών συνεχόμενων μηδενικών τιμών, γεγονός που σηματοδοτεί ότι η τελική πρόβλεψη

δεν δύναται να υπολογιστεί λόγω της αδυναμίας υπολογισμού σωστού επιπέδου καθώς έχει περάσει μεγάλο διάστημα από την τελευταία μη μηδενική παρατήρηση.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι εξισώσεις για την μέθοδο TSB:

Αν $D_t = 0$, τότε:

$$z'_t = z'_{t-1}$$
$$D'_t = D'_{t-1} + \beta(0 - D'_{t-1})$$

$$z'_t = z'_{t-1} + a(z_t - z'_{t-1})$$
$$D'_t = D'_{t-1} + \beta(1 - D'_{t-1})$$
$$Y'_t = D'_t z'_t$$

2.8.4 Μέθοδος ADIDA

Η μέθοδος ADIDA είναι και αυτή μία διαδικασία που ακολουθείται σε περιπτώσεις διακοπτόμενης ζήτησης. Είναι λοιπόν μία διαδικασία, η οποία βοηθάει στην αποφυγή της ασυνέχειας των δεδομένων διακοπτόμενης ζήτησης και όσον αφορά τις μηδενικές τιμές είναι η μη επικαλυπτόμενη συνάθροιση των δεδομένων σε περιόδους με μικρότερη συχνότητα.

Η ADIDA προτείνει την συνάθροιση δεδομένων σε υψηλότερο χρονικά επίπεδο, όπου έχει αποφευχθεί η ασυνέχεια των δεδομένων. Τα βήματα, στα οποία ολοκληρώνεται το μεθοδολογικό πλαίσιο παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Συνάθροιση των δεδομένων με κατάλληλο επίπεδο συνάθροισης
2. Πρόβλεψη της συναθροισμένης χρονοσειράς
3. Διαχωρισμός των προβλέψεων που παρήχθησαν στο προηγούμενο βήμα

3. Εποχικότητα

3.1 Έννοια εποχικότητας

Η εποχικότητα αποτελεί χαρακτηριστικό μιας χρονοσειράς και αναφέρεται σε περιοδικές και γενικά τακτικές και προβλέψιμες αλλαγές που συμβαίνουν σε διάστημα ενός έτους. Ο όρος «εποχικότητα» εφαρμόζεται όχι μόνο σε ένα ευρύ φάσμα θεμάτων, όπως οι διεργασίες της γης, αλλά και σε άλλους τομείς,

συμπεριλαμβανομένων των οικονομικών επιστημών, τα οποία μπορεί να συνδέονται. Για παράδειγμα, τα εποχιακά πρότυπα που παρατηρούνται στις οικονομικές επιστήμες (π.χ. τουρισμός και αναψυχή στην παραλία) μπορούν να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στη μορφοδυναμική της παραλίας μέσω της παράκτιας διαχείρισης (Mauriello, 1989).

Είναι ασφαλές να υποθέσουμε ότι οποιοδήποτε μοτίβο δεδομένων αλλάζει σε περιόδους ενός έτους αντιπροσωπεύει εποχικότητα. Συνήθως οδηγείται από καιρικές ή εμπορικές εποχές. Πρέπει να διαφοροποιήσουμε τον όρο από τα κυκλικά δεδομένα, καθώς το τελευταίο μπορεί να εκτείνεται σε διάφορες χρονικές περιόδους, μικρότερο ή μεγαλύτερο από ένα έτος.

Γενικότερα ορίζουμε την εποχικότητα ως περιοδικές διακυμάνσεις και κύκλους σε συγκεκριμένους τομείς της επιχείρησης, ακολουθώντας κάποιο πρότυπο. Μπορεί να είναι ένα ημερολόγιο όπως το καλοκαίρι και την άνοιξη ή ένα οικονομικό όπως η περίοδος των Χριστουγέννων. Τις περισσότερες φορές, χρησιμοποιούμε την ιδέα για την ανάλυση των τιμών των μετοχών και των τάσεων της αγοράς. Οι επιχειρήσεις μπορούν να χρησιμοποιούν την εποχικότητα για τη βελτίωση της διαχείρισης του κεφαλαίου κίνησης. Για παράδειγμα, εάν έχουμε συνήθως χαμηλότερες πωλήσεις το δεύτερο τρίμηνο του έτους, μπορούμε να μειώσουμε τις αγορές αποθέματός μας για να αποφύγουμε την υπερβολική αποθήκευση.

Κάθε φορά που αναλύουμε μια εταιρεία, πρέπει να ελέγξουμε και να εξετάσουμε την εποχικότητα στην απόδοσή της. Οι υψηλότερες πωλήσεις σε μια συγκεκριμένη σεζόν μπορεί να είναι παραπλανητικές για τους επενδυτές εάν δεν λαμβάνουν υπόψη την εποχικότητα της επιχείρησης. Ως εκ τούτου, οι αναλυτές πρέπει να λάβουν υπόψη και την απόδοση του παρελθόντος για να κατανοήσουν πόσο χαμηλές εποχές εξισώνουν τόσο υψηλές εποχές με την πάροδο του χρόνου. Καθώς αναλύουμε την επιχείρησή μας, είναι υψίστης σημασίας να ρίχνουμε μια ματιά στους πελάτες μας. Εάν παρέχουμε υπηρεσίες σε μια εταιρεία με συγκεκριμένη εποχικότητα, ενδέχεται να έχουμε τα ίδια πρότυπα. Είναι σημαντικό να αναλύσουμε τη συμπεριφορά των πελατών μας και να ενσωματώσουμε τα ευρήματα στο σχέδιό μας για το μέλλον.

3.2 Δείκτες εποχικότητας

Στην παρούσα ενότητα θα αναλύσουμε την έννοια της εποχικότητας, καθώς είναι ένα από τα τέσσερα συνθετικά στοιχεία των χρονοσειρών που πρέπει να μελετηθεί, όταν στις παρατηρήσεις εμφανίζεται κάποιο εποχικό πρότυπο. Η εποχικότητα μετριέται με τους δείκτες εποχικότητας (seasonal in dices), στόχος των οποίων είναι η ανίχνευση του τρόπου συμπεριφοράς των παρατηρήσεων της χρονοσειράς που προκαλείται από αυτό το εποχικό φαινόμενο. Ο προσδιορισμός των δεικτών αυτών συμβάλλει στην απαλλαγή των τιμών της χρονοσειράς από το στοιχείο της εποχικότητας, ώστε να δημιουργηθούν πιο αξιόπιστες βραχυπρόθεσμες και μεσοπρόθεσμες προβλέψεις.

Οι δείκτες εποχικότητας προσδιορίζονται με την εφαρμογή της μεθόδου του κεντρικού κινητού μέσου στις παρατηρήσεις της χρονοσειράς. Με τη μέθοδο αυτή επιδιώκουμε να απομονώσουμε την εποχικότητα από τα άλλα τρία συνθετικά στοιχεία της χρονοσειράς, δηλαδή από την τάση και την κυκλικότητα και την μη-κανονικότητα. Από την άλλη πλευρά η εφαρμογή της μεθόδου προϋποθέτει ότι η συνολική συμπεριφορά των τριών άλλων συνθετικών στοιχείων μπορεί να εκφραστεί αντιπροσωπευτικά από κάποιο κινητό μέσο.

Στην περίπτωση ενός πολλαπλασιαστικού υποδείγματος ο δείκτης εποχικότητας (St) της περιόδου t, για t = 1, 2, …, n, καθορίζεται από την ακολουθεί σχέση:

$$S_t = \frac{Y_t}{CA_t} = \frac{T_t \cdot S_t \cdot C_t \cdot I_t}{T_t \cdot C_t \cdot I_t}$$

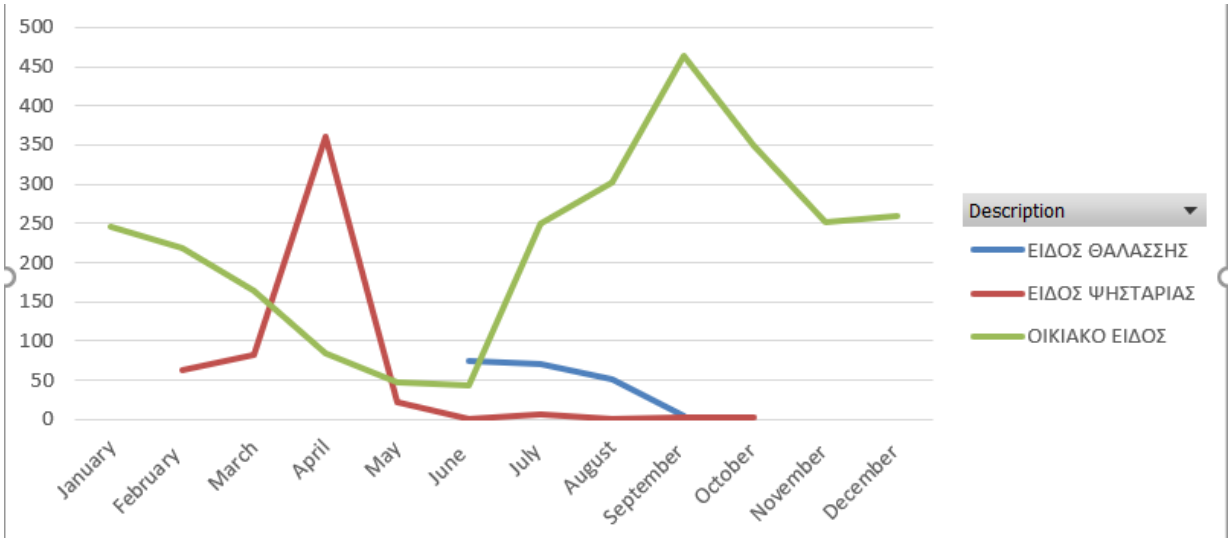
3.3 Παραδείγματα Εποχικότητας

Όσον αφορά εποχιακά είδη ας δούμε το παράδειγμα του παγωτού για το οποίο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, υπάρχει μεγάλη ζήτηση , αλλά το χειμώνα η ζήτηση μειώνεται. Γνωρίζουμε ότι μπορούμε να προβλέψουμε την αγορά παγωτού αρκετά καλά καθώς ακολουθεί παρόμοιο μοτίβο κάθε χρόνο. Επομένως μπορούμε να υποθέσουμε ότι αν αναλύσουμε την απόδοση μιας εταιρείας παγωτού, θα παρατηρήσουμε έντονη εποχικότητα.

Ένας κοινός τρόπος για να μειωθεί η επίδραση της εποχικότητας είναι η διαφοροποίηση του χαρτοφυλακίου προϊόντων της εταιρείας. Για παράδειγμα, εάν πουλάμε χωνάκι γκοφρέτας για παγωτό κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, μπορούμε να αρχίσουμε να πωλούμε γκοφρέτες με επικάλυψη σοκολάτας το χειμώνα, και έτσι να εξισορροπήσουμε το εποχιακό μοτίβο των εσόδων από τις πωλήσεις μας.

Οι αναλυτές χρειάζονται μια πλήρη κατανόηση της εποχικότητας της επιχείρησης και να προετοιμαστούν για την πολυάσχολη σεζόν εκ των προτέρων. Ας σκεφτούμε σαν παράδειγμα, ότι είμαστε υπεύθυνοι για μια επιχείρηση με είδη παραλίας. Αν περιμένουμε να αρχίσει να αυξάνεται η ζήτηση στο τέλος της άνοιξης, μπορεί να είναι πολύ αργά για να την ικανοποιήσουμε. Θα αντιμετωπίσουμε προβλήματα προσπαθώντας να προμηθεύσουμε τόσα πολλά προϊόντα αν αντιδράσουμε μόνο στην αγορά. Επομένως, πρέπει να σχεδιάσουμε και να αυξήσουμε την παραγωγή τους προηγούμενους μήνες. Από την άλλη πλευρά, οι προμηθευτές υλικών μας πρέπει επίσης να αναλύσουν την εποχικότητά μας και να προετοιμαστούν για να καλύψουν την αυξημένη ζήτηση υφασμάτων. Είναι επίσης σημαντικό να δίνεται προσοχή στις περιόδους εκτός εποχής. Όταν έχουμε χαμηλότερες πωλήσεις και λιγότερη πίεση στην ομάδα, είναι μια εξαιρετική ευκαιρία να επικεντρωθούμε στις δραστηριότητες υποστήριξης της εταιρείας.

Ως συμπέρασμα η εποχικότητα αναφέρεται σε διακυμάνσεις στην απόδοση λόγω εξωτερικών παραγόντων που έχουν παρόμοιο μοτίβο εμφάνισης κάθε χρόνο. Αυτές οι διακυμάνσεις είναι γενικά προβλέψιμες και επαναλαμβανόμενες. Όσο πιο δύσκολη είναι η εποχικότητα για την επιχείρηση, τόσο πιο εύκολο είναι να αναγνωρίσετε αυτό το μοτίβο και να το προβλέψετε με τις κατάλληλες προετοιμασίες. Είναι μια από τις πιο δημοφιλείς στατιστικές μεθόδους που χρησιμοποιούμε για τη βελτίωση των προβλέψεων απόδοσης. Είναι υψίστης σημασίας η αναζήτηση των μοτίβων συμπεριφοράς δεδομένων και ο προσδιορισμός της εποχικότητας όποτε αναλύουμε δεδομένα χρονοσειρών.



Διάγραμμα 2. Απεικόνιση ετήσιας εξέλιξης των πωλήσεων σε εποχιακά και μη εποχιακό είδος της εξεταζόμενης εταιρείας.

Στο παραπάνω διάγραμμα, απεικονίζεται ένα εμφανές παράδειγμα εποχικότητας, από την εξεταζόμενη εταιρεία, για τις πωλήσεις για δύο εποχιακά είδη και ένα μη εποχιακό είδος κατά την διάρκεια του έτους.

Όπως παρατηρείται, το είδος ψησταριάς (κόκκινο) είναι για εξωτερικό χώρο και πολλές φορές συνδέεται και με το Πάσχα. Επομένως, οι πωλήσεις του είναι ανοδικές τους μήνες της άνοιξης, τείνουν να πέφτουν τους καλοκαιρινούς μήνες και φτάνουν τις μηδενικές πωλήσεις από το φθινόπωρο και μετά. Όσον αφορά το είδος θαλάσσης (μπλε) φαίνεται ξεκάθαρα ότι υπάρχουν πωλήσεις μόνο τους θερινούς μήνες με μία άνοδο τον Ιούλιο. Από την άλλη πλευρά, το οικιακό είδος (πράσινο), το οποίο πωλείται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους με μία σταθερή ζήτηση, απεικονίζεται να έχει πωλήσεις όλους τους μήνες με διάφορες αυξομειώσεις.

Γίνεται αντιληπτό λοιπόν, ότι η εποχικότητα παίζει σπουδαίο ρόλο για την πρόβλεψη των πωλήσεων των εμπορευμάτων. Στα παραπάνω παραδείγματα είναι ξεκάθαρο ποιους μήνες θα έχουν μεγαλύτερη ζήτηση, καθώς έχουν έντονη εποχικότητα. Όμως υπάρχουν αρκετά είδη που δεν είναι τόσο ευδιάκριτη η εποχικότητα τους και χρειάζονται μεγαλύτερη ανάλυση. Επίσης, υπάρχει και η άποψη ότι με εξαίρεση κάποια είδη τροφίμων, όλο το υπόλοιπο εμπόριο έχει μιας μικρής μορφής εποχικότητας στους μήνες του έτους. Γι' αυτό το λόγο, και δίνεται

ιδιαίτερη προσοχή στην ανάλυση της φύσης του προϊόντος και στην ζήτηση τους αν περιόδους.

Τα τεστ εποχικότητας παίζουν θεμελιώδη ρόλο, διότι μία από τις πιο συνηθισμένες μεθόδους για τον εντοπισμό της εποχικότητας είναι η αποσύνθεση της χρονικής σειράς σε διάφορα στοιχεία. Η αποσύνθεση ελέγχει εάν μια χρονική σειρά έχει εποχικότητα ή όχι αφαιρώντας την τάση και προσδιορίζει την εποχικότητα υπολογίζοντας τον αυτοσυσχέτιση (Acf). Το αποτέλεσμα περιλαμβάνει τον αριθμό της περιόδου, τον τύπο του μοντέλου (πρόσθετο/πολλαπλασιαστικό) και την τιμή της περιόδου. Στόχος είναι ο έλεγχος της παρουσίας εποχιακών κινήσεων στις χρονοσειρές και να αποφασίσει αν πρέπει να προσαρμοστεί σε αυτές ή όχι.

4. Περιορισμοί στις διαδικασίες παραγγελιοδότησης

Σε προηγούμενη ενότητα αναφερθήκαμε ότι η σταθερή ανατροφοδότηση των καταστημάτων από τους προμηθευτές του εξωτερικού δυσχεραίνεται από κάποιους περιορισμούς που υπάρχουν όσον αφορά την αμεσότητα να λάβεις τις ποσότητες που έχεις παραγγείλει. Οι περιορισμοί δημιουργούνται κυρίως λόγω των χρόνων που απαιτούνται για την ολοκλήρωση μίας διαδικασίας, των αποστάσεων που πρέπει να διανύουν και φυσικά τα κόστη. Οι εν λόγω περιορισμοί είναι:

1. Lead time
2. Minimum Order Quantity
3. Χρόνος ταξιδιού/μεταφοράς
4. Τρόπος διαχείρισης παραγγελίας
5. Ημερομηνία λήξης κωδικών
6. Ισοτιμία
7. Χρηματοοικονομικό κόστος (λαμβάνεται υπόψη πριν την πρόβλεψη)
8. Έκτακτοι παράγοντες (λαμβάνεται υπόψη μετά την πρόβλεψη)

Προτού ξεκινήσουμε την ανάλυση τους είναι αξιοσημείωτο να αναφέρουμε ότι ανάλογα με το αντικείμενο της εργασίας της εκάστοτε εταιρείας, οι περιορισμοί είναι λιγότεροι ή περισσότεροι και κάθε φορά μπορεί σε μία παράμετρο να δίδεται περισσότερη αξία απ’ ότι σε μία άλλη. Σε μία βιομηχανία γάλακτος, λοιπόν

σημαντικός περιορισμός είναι η ημερομηνία λήξης των εμπορευμάτων ενώ σε ένα κατάστημα με χριστουγεννιάτικα είδη βασική παράμετρος είναι το lead time, διότι η περίοδος των Χριστουγέννων διαρκεί το σχεδόν δύο μήνες.

Η αγορά όπως και η προσφορά είναι πολύ μεγάλη, καθώς πλέον συναλλασσόμαστε με ολόκληρο τον κόσμο ανεξάρτητα που βρίσκεται. Στη πλειοψηφία τους τα είδη που καταναλώνουμε έχουν την δυνατότητα οι εταιρείες να τα προμηθευτούν και από Έλληνες προμηθευτές. Όμως, για ποιο λόγο δεν συμβαίνει συνέχεια; Το κριτήριο επιλογής διαφέρει ανάλογα με το πλαίσιο, το οποίο κάθε επιχείρηση θεωρεί σημαντικό. Η σπουδαιότητα μπορεί να έγκειται στην τιμή, την ποιότητα, στο lead time ή την ελάχιστη ποσότητα παραγγελίας(MOQ)όταν επιλέγουμε από ποιον προμηθευτή θα παραγγείλουμε μια κατηγορία προϊόντων.

4.1 Χρόνος Παράδοσης (Lead Time)

Η φράση “lead time” είναι ένας κοινός όρος στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας και στη διαχείριση έργων. Ο χρόνος παράδοσης είναι μια ουσιαστική ιδέα για έναν επιχειρηματικό οργανισμό και συνήθως ορίζεται ως το χρονικό διάστημα μεταξύ της έναρξης και της ολοκλήρωσης μιας διαδικασίας ή του χρόνου μεταξύ παραγγελίας και λήψης. Για παράδειγμα, ο χρόνος παράδοσης μεταξύ της παραγγελίας και της παράδοσης νέων αυτοκινήτων από έναν συγκεκριμένο κατασκευαστή μπορεί να είναι μεταξύ 2 εβδομάδων και 6 μηνών, ανάλογα με διάφορες ιδιαιτερότητες.

Το “Lead Time”αποτελεί μια κρίσιμη μέτρηση για οποιαδήποτε επιχείρηση, καθώς βοηθά την εταιρεία στην πρόβλεψη των πωλήσεων, στην αποτελεσματικότητα των λειτουργιών και στη βελτίωση της ικανοποίησης των πελατών. Ωστόσο, θα ήταν δύσκολο να βελτιωθούν οι χρόνοι παράδοσης απουσία κατάλληλου συστήματος διαχείρισης αποθέματος, αποτελεσματικής διαδικασίας παραγωγής και σωστών προμηθευτών. Συνήθως, όσο χαμηλότερος είναι ο χρόνος παράδοσης, τόσο καλύτερο είναι για την εταιρεία. Δείχνει ότι μια επιχείρηση μπορεί να ανταποκριθεί γρήγορα σε οποιεσδήποτε αλλαγές. Παρόλα αυτά, οι χαμηλότεροι χρόνοι παράδοσης ενδέχεται να μην είναι πάντα επωφελείς για τον αγοραστή, καθώς θα μπορούσε να είναι αποτέλεσμα περισσότερων εξόδων αποστολής. Έτσι, η μείωση

του χρόνου παράδοσης δεν μπορεί πάντα να έχει ως αποτέλεσμα περισσότερα κέρδη, αλλά βελτιώνει την ικανοποίηση των πελατών.

Η σπουδαιότητα του Lead Time παρουσιάζεται στα παρακάτω σημεία:

- ✓ Τα εμπορεύματα με ημερομηνία λήξης χρειάζονται μικρότερο lead time, διότι μειώνεται ο χρόνος που χρειάζεται να καταναλωθεί το προϊόν από το χρόνο που χρειάζεται να φτάσει στο τελικό καταναλωτή.
- ✓ Η παραγωγικότητα αναβαθμίζεται και οι λειτουργίες αναδιαρθρώνονται με τη μείωση του χρόνου παράδοσης, καθώς με αυτό τον τρόπο τα εμπορεύματα κινούνται ταχύτερα.
- ✓ Η επιχείρηση αποκτά ανταγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι των ομοειδών επιχειρήσεων λόγω του μικρού χρόνου παράδοσης.
- ✓ Η άμεση ανατροφοδότησή συνδράμει την επιχείρηση στην ικανοποίηση των πελατών της.
- ✓ Η άμεση ανατροφοδότηση μειώνει το οικονομικό κόστος όσον αφορά την ενδυνάμωση του χαμηλού κεφαλαίου κίνησης.
- ✓ Τα αποτελέσματα του χρόνου παράδοσης βοηθούν την επιχείρηση να εντοπίσουν τις ανεπάρκειες εάν υπάρχουν.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το Lead Time αφορούν κάποιες διαδικασίες μίας επιχείρησης, την διαδικασία παραγωγής, την διαχείριση παραγγελιών και αποθεμάτων και την εφοδιαστική αλυσίδα. Το είδος της διαδικασίας παραγωγής που υιοθετεί μια εταιρεία παίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του χρόνου παράδοσης ενός προϊόντος. Για παράδειγμα, η ολοκλήρωση του προϊόντος επί τόπου ενδέχεται να διαρκέσει περισσότερο χρόνο από το να το κάνει εκτός ιστότοπου. Σχετικά με την ορθή διαχείριση παραγγελιών και αποθεμάτων εάν μια εταιρεία μπορεί να προβλέψει αποτελεσματικά το απόθεμά που χρειάζεται για να καλύψει τις ανάγκες των πελατών της για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα , θα εξασφαλίσει μια ομαλή ροή ανεφοδιασμού των καταστημάτων της χωρίς να υπάρχουν ελλείψεις ή πλεονάζον απόθεμα.

Ο χρόνος παράδοσης για μια εταιρεία θα εξαρτηθεί επίσης από τον αριθμό των προμηθευτών που διαθέτει. Δεν είναι πάντα εύκολο να εκτιμηθεί με ακρίβεια ο

χρόνος παράδοσης από τους προμηθευτές και αυτό, με τη σειρά του, καθιστά δύσκολο τον συντονισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αν και μια εταιρεία θα μπορούσε να αποθηκεύσει υπερβολικό απόθεμα, αυξάνει το κόστος και οδηγεί σε μη ορθή διαχείριση των αποθεμάτων της.

4.2 Ελάχιστη Ποσότητα Παραγγελίας (M.O.Q)

Η ποσότητα ελάχιστης παραγγελίας, όπως μεταφράζεται το minimum order of quantity, είναι το μικρότερο ποσό ή αριθμός που μπορεί να παραγγελθεί σε μία παράδοση, συνήθως για την κατανομή του κόστους παράδοσης σε έναν οικονομικό αριθμό μονάδων. Το MOQ είναι αλληλένδετο με το χρόνο, διότι ανάλογα με το MOQ μπορεί να ορίζεται και η περιοδικότητα σε μια παραγγελία.

Ο περιορισμός που υπάρχει στο Minimum Order of Quantity είναι ότι δεν υπάρχει ένα σωστό ποσό, καθώς οι επιχειρήσεις έχουν διαφορετικές απαιτήσεις και οι προμηθευτές ορίζουν τη δική τους κάθε φορά ελάχιστη ποσότητα που χρειάζονται. Υπάρχει συχνά μια ανταλλαγή μεταξύ της ύπαρξης υψηλότερου MOQ ή της πληρωμής υψηλότερης τιμής ανά μονάδα, αλλά δεν υπάρχει συγκεκριμένος τύπος. Γι’ αυτό το λόγο βασιζόμαστε και σε κάποια ποιοτικά χαρακτηριστικά και στην εμπειρία του ατόμου που προβλέπει.

Για την λήψη απόφασης των ποσοτήτων που χρειαζόμαστε σημαντικά κριτήρια αποτελούν η πρόβλεψη της ζήτησης, ο υπολογισμός του νεκρού σημείου και η κατανόηση του κόστους αποθήκευσης. Η πρόβλεψη ζήτησης λαμβάνει υπόψη την φύση του προϊόντος, την εποχικότητα, τον ανταγωνισμό και άλλους παράγοντες για να εκτιμήσει τον αριθμό των μονάδων που θα πωληθούν. Αυτά τα δεδομένα συνδράμουν στην καταχώρηση της επόμενης παραγγελία αγοράς μίας επιχείρησης.

Η πρόβλεψη αποθέματος συμβαδίζει, για να ταιριάξει την προσφορά με τη ζήτηση σε αυτήν την εξίσωση. Ενδέχεται η ελάχιστη ποσότητα παραγγελίας που επιθυμεί μια επιχείρηση από τον προμηθευτή να μην απέχει πολύ από αυτό που χρειάζεται να πωληθεί. Επίσης πρέπει να ληφθεί υπόψη το συνολικό χρονοδιάγραμμά για την προετοιμασία του αποθέματος προς αποστολή, συμπεριλαμβανομένων των χρόνων παράδοσης, των χρόνων μεταφοράς εμπορευμάτων, της αποθήκης με τον τρίτο πάροχο υπηρεσιών Logistics (3PL) και άλλες πιθανές καθυστερήσεις.

Η παρακολούθηση της ζήτησης απαιτεί την συχνή επικοινωνία με τον προμηθευτή, την ύπαρξη αρκετού αποθέματος ασφαλείας για την διαχείριση τυχόν διακυμάνσεων ζήτησης και τον έλεγχο της μηνιαίας πρόβλεψης της ζήτησης για την προσαρμογή των ποσοτήτων παραγγελίας.

Όσον αφορά το νεκρό σημείο εξυπηρετεί στον καθορισμό από πλευράς της επιχείρησης της δικής ελάχιστης ποσότητας παραγγελίας που χρειάζεται. Επιπλέον κάποια προϊόντα είναι ακριβότερα για αποθήκευση από άλλα λόγω μεγέθους, διάρκειας αποθήκευσης και ειδικών απαιτήσεων αποθήκευσης. Από οικονομικής άποψης λοιπόν είναι ωφέλιμο να διασφαλισθεί ότι τέτοια αντικείμενα δεν διατηρούνται στο απόθεμά μια επιχείρησης για μεγάλο χρονικό διάστημα. Το κόστος διατήρησης του αποθέματός είναι το πραγματικό κόστος αποθήκευσης όλων των προϊόντων σας και κάτι που πρέπει να ληφθεί υπόψη πριν από κάποια επένδυση σε μεγάλο απόθεμα.

4.3 Χρόνος μεταφοράς

Ο χρόνος που χρειάζεται για να φτάσει μια παραγγελία στην αποθήκη μιας εταιρείας, περιορίζει σε μεγάλο βαθμό την αμεσότητα και πολλές φορές δημιουργεί προβλήματα με ελλείψεις αποθεμάτων όταν υπάρχουν καθυστερήσεις. Θα ήταν ευκολότερο να καταχωρείτε μία παραγγελία σήμερα και την επόμενη ημέρα να εισάγεται στην αποθήκη αλλά στις περιπτώσεις των μαζικών παραγγελιών από χώρες όπως η Κίνα, κάτι τέτοιο είναι ακατόρθωτο. Αυτό συμβαίνει όχι μόνο για την χιλιομετρική απόσταση που υπάρχει αλλά και για το τι συμβαίνει το χρονικό διάστημα που διενεργείται ένα ταξίδι, όπως είναι ο εκτελωνισμός, οι απρόσμενες συνθήκες κ.λ.π. Γι’ αυτό το λόγο, πάντοτε λαμβάνεται υπόψη στους χρόνους και ο χρόνος μεταφοράς, ο οποίος συνήθως είναι ένας μήνας από την στιγμής της φόρτωσης από τόπο προέλευσης.

4.4 Τρόπος διαχείρισης παραγγελίας

Ο τρόπος διαχείρισης παραγγελιών έγκειται στη διαχείριση των αποθεμάτων και στο πως διαχειρίζεται μία επιχείρηση την συνεργασία με τους προμηθευτές της. Σε πολλές περιπτώσεις προμηθευτών του εξωτερικού που δεν είναι από την Κίνα αλλά από την Ευρώπη, ζητάτε από μία επιχείρηση ο προμηθευτής να διατηρεί ένα “stock” ασφαλείας για την ίδια. Με αυτόν τον τρόπο η επιχείρηση θα έχει άμεσα στη

διάθεση της τις ποσότητες που χρειάζεται και δε θα αναμένει το χρόνο παραγωγής αλλά μόνο το χρόνο μεταφοράς.

4.5 Ημερομηνία λήξης κωδικών

Κατά τον σχεδιασμό και την καταχώρηση παραγγελίας λαμβάνεται πάντοτε υπόψη εάν τα εμπορεύματα έχουν ημερομηνία λήξης και εάν ναι πόση είναι η διάρκεια τους. Αυτός ο περιορισμός είναι ιδιαίτερα δεσμευτικός και η νέα τάση είναι τα προϊόντα με ημερομηνία λήξης να μην αποθηκεύονται αλλά να τοποθετούνται απευθείας στο ράφι.

4.6 Συναλλαγματική ισοτιμία

Στο εμπόριο με τον όρο συναλλαγματική ισοτιμία εννοούμε την τιμή στην οποία γίνεται ανταλλαγή νομισμάτων. Αυτή η τιμή δεν είναι σταθερή, γι' αυτό και λαμβάνεται υπόψη στο εμπόριο από ξένες χώρες με διαφορετικό νόμισμα. Είναι συχνό το φαινόμενο οι μεταβολές στις τιμές και στην συναλλαγματική ισοτιμία έχει σοβαρές επιπτώσεις στις εισαγωγές- εξαγωγές σε διεθνές επίπεδο.

4.7 Χρηματοοικονομικό κόστος

Το στάδιο της πρόβλεψης ακολουθεί μετά την λήψη απόφασης από που/ποιον προμηθευτή μας συμφέρει να παραγγείλουμε. Στο στάδιο αυτό γίνεται ανάλυση του χρηματοοικονομικού κόστους που θα υπάρχει ανάλογα που θα προμηθευτούμε τι.

Ένας Έλληνας προμηθευτής παρέχει κάποια πλεονεκτήματα όπως είναι η αποθήκευση των εμπορευμάτων που προμηθευόμαστε, η μεταφορά στα καταστήματα μας και η αμεσότητα στην παράδοση της παραγγελίας. Με λίγα λόγια πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη τα κόστη μεταφοράς, εκτελωνισμού αλλά και αποθήκευσης, τα οποία επωμίζεται η επιχείρηση και όχι από ο προμηθευτής. Στις περισσότερες περιπτώσεις όλα τα παραπάνω κόστη περιλαμβάνονται στην τελική τιμή που θεωρούμε ότι αγοράζουμε από τον εκάστοτε προμηθευτή. Από την άλλη πλευρά όμως, η προμήθεια εμπορευμάτων από το εξωτερικό προσφέρει ανταγωνιστικότερες τιμές και κάπως έτσι εξισορροπούνται τα προηγούμενα .

Όσον αφορά τις παραγγελίες από το εξωτερικό και ειδικότερα από την Κίνα, πριν την πρόβλεψη των ποσοτήτων που θα παραγγελθούν, γίνεται υπολογισμός σε όλα

τα κόστη που υπάρχουν από τη στιγμή που αγοράζουμε έως την στιγμή που το προϊόν φτάνει στο ράφι. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια από αυτά τα κόστη:

ΚΟΣΤΗ ΚΥΚΛΟΥ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ ΑΠΌ ΚΙΝΑ
Τιμή αγοράς FOB (USD)
Τιμή αγοράς με προμήθεια σε FOB (USD)
Συναλλαγματική ισοτιμία EUR-USD
Ποσότητα Container
Κόστος Container (USD) - Ναύλος
Ασφάλεια USD
Τελωνειακοί δασμοί
Κόστος διαχείρισης έως την παράδοση
Κόστος αποθήκευσης και προώθησης σε κάθε κατάστημα

Πίνακας 1.Παρουσίαση κοστών κατά το κύκλο παραγγελίας από την Κίνα

Η τιμή πώλησης διαμορφώνεται και επηρεάζεται κατά πολύ από τα παραπάνω κόστη. Το χρηματοοικονομικό κόστος, λοιπόν μπορεί να μην εντάσσεται στη διαδικασία της πρόβλεψης αλλά είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη. Ο λόγος είναι ότι όταν προβλέπουμε τις ποσότητες που θα παραγγείλουμε από ένα προμηθευτή μπορεί να είμαστε περισσότερο φειδωλοί γιατί στην πρώτη παραγγελία θα γίνει έλεγχος για το εάν εν τέλει μας αποφέρει κέρδη και όχι ζημίες. Εξίσου σημαντικό να ληφθεί υπόψη από που αγοράζουμε είναι το υψηλό **defective rate,** δηλαδή ο δείκτης που μετράει πόσο ελαττωματικό είναι ένα προϊόν.

4.8 Έκτακτοι παράγοντες

Έκτακτα γεγονότα συμβαίνουν συνεχώς, οπότε κατά την διάρκεια της πρόβλεψης και της καταχώρησης της παραγγελίας αλλά και ύστερα από αυτή υπάρχουν κάποια γεγονότα που διαταράσσουν την ομαλή λειτουργία της επιτυχής ολοκλήρωσης μια παραγγελίας.

Σημαντικοί παράγοντες για έκτακτα γεγονότα είναι οι κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες που επικρατούν στον κόσμο. Για παράδειγμα, οι απεργίες που συμβαίνουν στα λιμάνια καθυστερούν τις αφίξεις των παραγγελιών όποτε διαφοροποιούνται τα χρονοδιαγράμματα. Άλλος ένας σημαντικός παράγοντας είναι

οι αυξήσεις πρώτων υλών, από τις οποίες γίνεται αυτόματη αύξηση και στην τελική τιμή αγοράς που αγοράζουν οι επιχειρήσεις από τους προμηθευτές τους και κατ' επέκταση αύξηση στην τιμή πώλησης του τελικού καταναλωτή. Επίσης, τα κόστη ανεβαίνουν ακόμη περισσότερο όταν για μεμονωμένα χρονικά διαστήματα υπάρχει έλλειψη σε container, το MOQ των προμηθευτών παρατείνεται και το Lead Time είναι απροσδιόριστο.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα έκτακτου γεγονότος κατά το οποίο μεταβλήθηκε αισθητά το lead time και προκάλεσε μεγάλες καθυστερήσεις και ζημιές είναι το κλείσιμο της διώρυγας του Σουέζ τον Μάρτιο του 2021, καθώς επί μία εβδομάδα εγκλωβίστηκε ένα πλοίο. Το αποτέλεσμά ήταν να δημιουργηθούν μεγάλες καθυστερήσεις σε παραδόσεις, να υπάρξουν επιπτώσεις στις παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού τις επόμενες εβδομάδες, καθώς όπως λεγόταν ως παράδειγμα «η καθυστέρηση παράδοσης ενός φθηνού αλλά κρίσιμου ανταλλακτικού αυτοκινήτου που βρίσκεται καθ' οδόν από την Κίνα μπορεί να αποτρέψει την πώληση ενός οχήματος στη Γερμανία».

5. Μελέτη Περίπτωσης

5.1 Παρουσίαση εταιρείας

Η επιχείρηση, στην οποία έχει στηριχθεί η μελέτη, ανήκει στο κλάδο του λιανεμπορίου και δραστηριοποιείται στο ελληνικό χώρο τα τελευταία σαράντα (40) χρόνια. Τα προϊόντα της αναφέρονται στο σύνολο του καταναλωτικού κοινού και έχει κατορθώσει να εισάγει μία νέα φιλοσοφία όχι μόνο στο τρόπο που ο καταναλωτής αγοράζει αλλά και στο τρόπο χρήσης των εμπορευμάτων. Για την καλύτερη κατανόηση των χαρακτηριστικών της εταιρείας ακολουθεί τυπική παρουσίαση της στα πλαίσια του αντικειμένου που έχει, των εργαζομένων και κάποιων βασικών εργασιών της.

Καταρχάς, τα φυσικά καταστήματα της βρίσκονται σε ολόκληρη την Ελλάδα και στο σύνολο τους είναι τριάντα- τέσσερα (34) καταστήματα, τα οποία είναι κατανεμημένα στην Αττική (14), στην Βόρεια Ελλάδα (8), την Νότια Ελλάδα (5) και στα ελληνικά νησιά (7). Εκτός των άλλων, η εταιρεία διαθέτει και ένα

ολοκληρωμένο e-shopμε δύο (2) αποθήκες αποκλειστικά για το ηλεκτρονικό τους κατάστημα που βρίσκονται στην Αττική και την Βόρεια Ελλάδα και 4 κεντρικές αποθήκες από τις οποίες εφοδιάζονται στο σύνολο τους τα φυσικά καταστήματα. Επίσης, το προσωπικό της απαρτίζεται από 3.000 εργαζομένους, οι οποίοι είτε είναι καταρτισμένοι ο καθένας στο δικό του αντικείμενο, είτε ακολουθούν ειδική εκπαίδευση από την εταιρεία στον τομέα, στον οποίο προορίζονται. Ακόμη ένα βασικό στοιχείο είναι ότι η επιχείρηση στον ισολογισμό που δημοσιεύεται κάθε χρόνο, παρουσιάζει πάντοτε θετικά αποτελέσματα.

Όσον αφορά τα προϊόντα τους διαθέτουν μία μεγάλη γκάμα σε διάφορες κατηγορίες, που προέρχονται είτε από Έλληνες προμηθευτές-παραγωγούς, είτε από το εξωτερικό. Ο ανεφοδιασμός από προμηθευτές εντός συνόρων δεν παρουσιάζει ιδιαιτερότητα και γίνεται άμεσα. Από την άλλη πλευρά, για τον ανεφοδιασμό από χώρες τους εξωτερικού και ειδικότερα από αυτές που χρειάζεται να διανυθεί μεγάλη απόσταση, ακολουθείται διαφορετική διαδικασία.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στις παραγγελίες που γίνονται για τον ανεφοδιασμό όλων των καταστημάτων για το βραχυπρόθεσμο μέλλον αλλά με γνώμονα ότι θα υπάρχει επάρκεια αποθεμάτων και κάλυψη της ζήτησης για χρονικό διάστημα μηνών. Η διαδικασία της προμήθειας μεγάλου όγκου αποθεμάτων δεν είναι κάθε φορά ίδια και δεν είναι κοινή για όλες τις κατηγορίες των προϊόντων. Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη κάποιες κοινές παράμετρούς, όπως για παράδειγμα ο χρόνος παραγωγής και ο χρόνος αποστολής των εμπορευμάτων, θα πρέπει να γίνεται σωστή πρόβλεψη από τα αρμόδια τμήματα για τις ποσότητες και τον χρόνο κάλυψης τους έως τον επόμενο ανεφοδιασμό.

Η δυσκολία στην διαδικασία της πρόβλεψης έγκειται από τη μία πλευρά στο γεγονός ότι μία εταιρεία με 34 καταστήματα θα πρέπει να υπολογίσει ορθά τις ποσότητες των εμπορευμάτων της για να ικανοποιήσεις τη ζήτηση- ανάγκες των πελατών της έναντι και των ανταγωνιστών- εταιρειών και από την άλλη να μην αποκτήσει υπεραπόθεμα, διότι τα κόστη αποθήκευσης θα την επιβαρύνουν χωρίς ουσιαστικό και κερδοφόρο λόγο.

5.2 Ανάλυση κωδικών και διαδικασιών παραγγελιοδότησης

Τα προϊόντα μπορούν να αναλυθούν σε πολλές κατηγορίες, ανάλογα σε ποιο τομέα θέλουμε να επικεντρωθούμε. Κατά την διαδικασία της καταχώρησης μία παραγγελίας, λαμβάνεται πρωτίστως υπόψη εάν για το προϊόν υπάρχει ζήτηση σε κανονική ροή εντός ολόκληρου το έτους ή εάν για ένα μόνο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα υπάρχει ζήτηση και το υπόλοιπο έτος, η ζήτηση είναι είτε ελάχιστη είτε μηδενική. Τα προϊόντα, λοιπόν μπορούν να χαρακτηριστούν ως ροής ή εποχιακά.

Η ανάλυση που θα ακολουθήσει επικεντρώνεται και στις δύο κατηγορίες και κάποιες φορές στην κάθε διαφορετική κατηγορία επιλέχθηκαν και πανομοιότυπα είδη. Ο λόγος είναι για να υπάρχει συνολική εικόνα για τον τρόπο διαχείρισης ενός κωδικού έτσι ώστε τα αποτελέσματα να μην παραποιούνται λόγω τυχαιότητας. Για παράδειγμα, όταν θέλουμε να εξετάσουμε την ζήτηση για ένα κόκκινο φόρεμα είναι ορθότερο να ληφθούν υπόψη τα ιστορικά δεδομένα σε παραπάνω από έναν κωδικό (κόκκινο φόρεμα).

Σε μία μαζική παραγγελία από το εξωτερικό με στόχο τη κάλυψη ζήτησης για σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα συνήθως οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη είναι:

- η φύση του προϊόντος,
- η τιμή και τα κόστη του προϊόντος,
- η στρατηγική της εταιρείας,
- ο εκάστοτε προμηθευτής και οι συμφωνίες που έχουν πραγματοποιηθεί,
- η προβολή/το marketing
- η ύπαρξη κεντρικής αποθήκης
- ο ανταγωνισμός/αγορά,
- οι οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες στο κόσμο,

Παρακάτω, ακολουθεί μεγαλύτερη ανάλυση και περιγραφή για το είδος των κωδικών που έχουν χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση, για την μέθοδο παραγγελιών που ακολουθείται και τους περιορισμούς που υπάρχουν.

5.2.1 Περιγραφή Δεδομένων

Τα προϊόντα που επεξεργαζόμαστε στη μελέτη περίπτωσης είναι καταναλωτικά οικονομικά αγαθά και αφορούν διάφορες κατηγορίες. Η χρήση τους αφορά το σύνολο του πληθυσμού και δεν υπάρχει διάκριση σε ποιο καταναλωτή αναφέρονται. Η κύρια κατηγοριοποίηση τους είναι στον όγκο, το μέγεθος τους και στην εποχικότητα πώλησης δηλαδή είναι είτε είδη ροής είτε εποχιακά είδη.

Τα ιστορικά δεδομένα που ελήφθησαν υπόψη είναι πέντε ετών σε μηνιαίο επίπεδο και αφορούν τις εισαγωγές και τις πωλήσεις που έγιναν σε αυτό το χρονικό διάστημα. Η διαδικασία που θα ακολουθηθεί είναι ότι έχουμε σαν δεδομένο τα έτη 2015 έως 2018 (ιστορικότητα) και επιθυμούμε να προβλεφθεί το έτος 2019. Κατά την επεξεργασία των δεδομένων θα γίνεται έλεγχος ποια αποτελέσματα από την κάθε μέθοδο πρόβλεψης προσεγγίζουν τα πραγματικά δεδομένα που είχαμε στις πωλήσεις του 2019. Ο λόγος που χρησιμοποιούνται τα δεδομένα μόνο πέντε ετών και όχι μακροχρόνιων περιόδων είναι γιατί η φύση των προϊόντων που πωλεί η εξεταζόμενη εταιρείας δεν έχουμε μακροχρόνια προιοντική ζωή. Για παράδειγμα, μία εταιρεία ρούχων δεν λανσάρει για μεγάλο χρονικό διάστημα τον ίδιο κωδικό σε μαύρο παντελόνι. Η κατηγορία ανά τα έτη είναι η ίδια (παντελόνι) αλλά ο κωδικός με το ίδιο barcode και το σχέδιο ή το χρώμα διαφοροποιείται. Οι κωδικοί λοιπόν μπορεί να είναι όμοιοι ή πανομοιότυποι αλλά όχι ίδιοι για πολλά έτη.

Το πλεονέκτημα όταν ο κωδικός είναι ίδιος για μεγάλο χρονικό διάστημα είναι ότι το στέλεχος μίας επιχείρησης, ο οποίος προβλέπει, έχει τη δυνατότητα να βασιστεί στα στοιχεία που διαθέτει από το παρελθόν και να παραγγείλει ποσότητες που θα ικανοποιήσουν την ζήτηση του καταναλωτικού κοινού. Ακόμη και στη περίπτωση, που ο κωδικός είναι καινούργιος και τον παραγγέλνει για πρώτη φορά, έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει τα ιστορικά δεδομένα άλλου κωδικού, ο οποίος όμως ανήκει στην ίδια κατηγορία αποτελείται από σχεδόν ίδιο υλικό και έχει σχεδόν την ίδια τιμή. Με λίγα λόγια, δηλαδή συγκρίνουμε μήλα με μήλα και όχι μήλα με αχλάδια. Από την άλλη πλευρά το μειονέκτημα, όταν παραγγέλνεις τον ίδιο κωδικό είναι ότι δεν εξελίσσεσαι, δεν διαφοροποιείσαι και δεν εναλλάσσεις την γκάμα σου, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ζήτηση και κατ’ επέκταση οι πωλήσεις σου.

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως η εταιρεία διαθέτει 4 κεντρικές αποθήκες, οι οποίες λειτουργούν ως αποθηκευτικός χώρος για τις παραγγελίες και τα αποθέματα που προέρχονται κυρίως από τους προμηθευτές του εξωτερικού. Στη συνέχεια, τα καταστήματα προχωρούν σε παραγγελία των ποσοτήτων που χρειάζονται ανάλογα με τις ανάγκες τους από τις αποθήκες. Επομένως, το χρονικό διάστημα που χρειάζεται ένα τεμάχιο να παραμείνει στην κεντρική αποθήκη είναι αόριστο. Γι' αυτό το λόγο, βασικός στόχος της επιχείρησης είναι να υπάρχει ανατροφοδότηση σταθερού επιπέδου και με ευέλικτα να γίνεται έλεγχος των αποθεμάτων και των αναγκών για παραγγελία ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Η ανατροφοδότηση σε σταθερό επίπεδο δυσκολεύει όταν τα προϊόντα είναι εποχιακά και κάποιοι περιορισμοί που υπάρχουν όσον αφορά την αμεσότητα να λάβεις την παραγγελία. Στην επόμενη ενότητα θα επικεντρωθούμε σε αυτούς τους περιορισμούς.

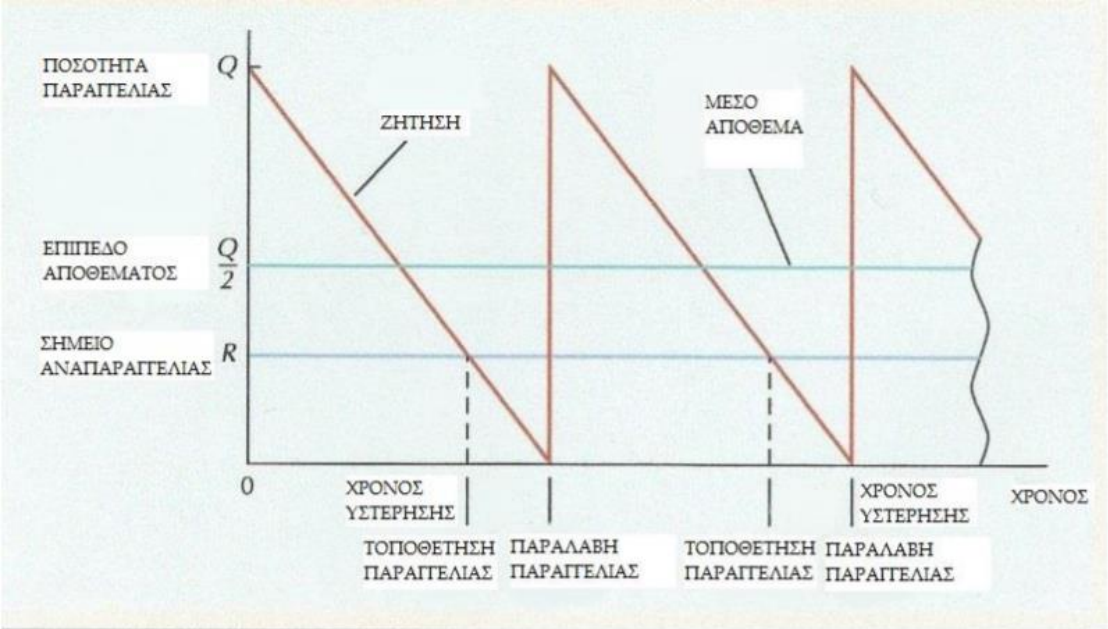
5.2.2 Υφιστάμενη μέθοδος παραγγελίας

Γενικότερα, το βασικό μοντέλο αποθεμάτων θεωρείται το σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας και αποτελεί μια φόρμουλα υπολογισμού της οικονομικής ποσότητας παραγγελίας. Στόχος του μοντέλου είναι να προσδιοριστεί η οικονομική ποσότητα παραγγελίας, η οποία θα ελαχιστοποιεί το ολικό κόστος αποθέματος το οποίο είναι το άθροισμα του κόστους διατήρησης και κόστους διαχείρισης μιας παραγγελίας. Για την επίτευξη αυτού του στόχου θα πρέπει να ισχύουν τα παρακάτω:

- ✓ Η παραληφθείσα ποσότητα ισούται με την παραγγελθείσα ποσότητα.
- ✓ Η ζήτηση του προϊόντος είναι γνωστή, σταθερή, συνεχής και αμετάβλητη στον χρόνο.
- ✓ Ο χρόνος από την τοποθέτηση της παραγγελίας έως την παραλαβή της είναι σταθερός.
- ✓ Τα μοναδιαία κόστη αγοράς, διατήρησης και διαχείρισης του αποθέματος παραμένουν σταθερά.

Όσον αφορά την ανάλυση του παρακάτω διαγράμματος, παρατηρούμε ότι γίνεται παραγγελία της ποσότητας Qγια να ικανοποιηθεί η ζήτηση D. Στο επίπεδο εκείνο

που το απόθεμα θα μειωθεί και θα φτάσει στο σημείο R (σημείο ανά παραγγελίας), τότε θα γίνει μία καινούργια παραγγελία πάλι ποσότητας Q.



Διάγραμμα 3.Διαγραμματικό μοντέλο σταθερής ποσότητας παραγγελίας

Στο δικό μας το παράδειγμα, οι παραγγελίες, που εξετάζουμε, είναι παραγγελίες του εξωτερικού και σε μεγάλό βαθμό από την Κίνα. Οι παραγγελίες δεν είναι δεσμευτικές, δηλαδή δε γίνονται σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα αλλά όποτε κρίνει απαραίτητο το αρμόδιο άτομο/στέλεχος που έχει την αναλάβει. Εξαίρεση αποτελούν τα εποχιακά είδη στα οποία ακολουθείται διαφορετική διαδικασία.

Στα προϊόντα ροής, που βρίσκονται στα ράφια των καταστημάτων όλη την διάρκεια του έτους, το στέλεχος κάνει πρόβλεψη και καταχωρεί την παραγγελία ανά μήνα, δίμηνο, τρίμηνο και εξάμηνο ανάλογα όπου απαιτείται. Ο έλεγχος και η παραγγελία δηλαδή γίνεται οποιαδήποτε στιγμή. Όμως, η άφιξη της παραγγελίας δεν είναι τόσο ευέλικτη στους χρόνους. Για παράδειγμα, όταν μία παραγγελία καταχωρείται σε εργοστάσιο της Κίνας μέσα Ιανουαρίου είναι λογικό ότι δε θα είναι μέσα σε λίγες μέρες στην Αθήνα. Επομένως, το άτομο που προβλέπει λαμβάνει υπόψη του και τους χρόνους που απαιτούνται από την στιγμή που καταχωρείται η παραγγελία έως την στιγμή που το απόθεμα θα είναι στο ράφι του καταστήματος

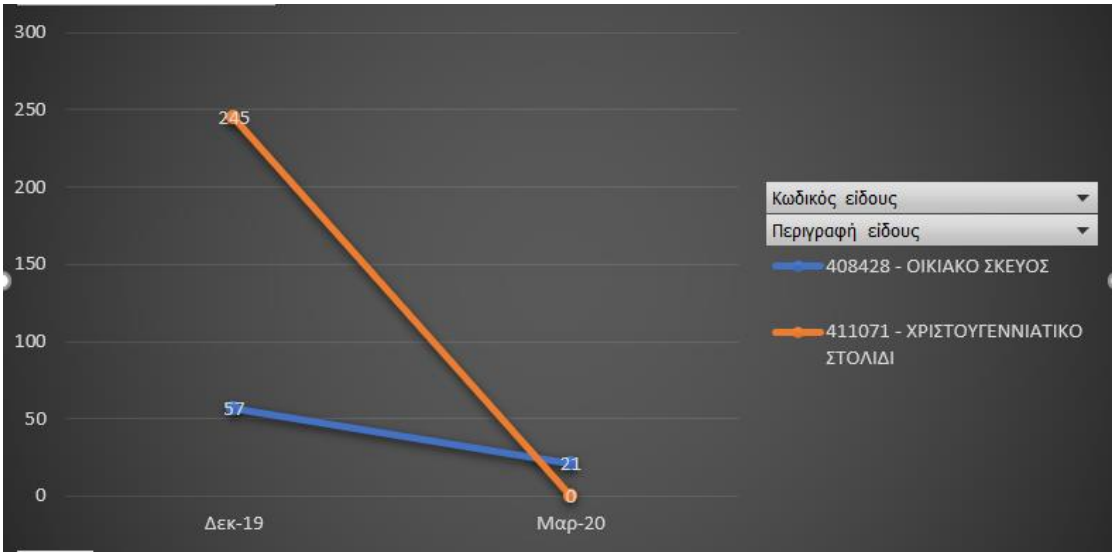
έτοιμο προς πώληση. Επίσης, κατά τον υπολογισμό των χρόνων που απαιτούνται, προκαταβάλει ότι το απόθεμα που έχει την εν λόγω στιγμή της πρόβλεψης είναι αρκετό ώστε να μην αδειάσουν τα ράφια όλων των καταστημάτων έως ότου έρθει η νέα παραγγελία.

Στα εποχιακά προϊόντα ακολουθείται διαφορετική διαδικασία, καθώς η αγορά απορροφά τις ποσότητες των εποχιακών σε συγκεκριμένη περίοδο μέσα στο έτος και σε μεγάλες ποσότητες. Με λίγα λόγια, ένα χριστουγεννιάτικό δέντρο τους μήνες Νοέμβριο-Δεκέμβριο θα έχει μεγάλη ζήτηση αλλά τους μήνες Απρίλιο-Μάιο μηδενική ζήτηση. Επιπλέον, η ζήτηση τους μήνες Νοέμβριο-Δεκέμβριο θα έχει εκτοξεύσει και θα είναι πολύ μεγαλύτερη συγκριτικά με οποιαδήποτε άλλο προϊόν που έχει ζήτηση όλη τη διάρκεια του χρόνου. Η παραγγελία στη Κίνα σε εποχιακά είδη δύο, τριών μηνών γίνεται σχεδόν έναν ολόκληρο χρόνο πριν. Ο λόγος είναι ότι παράγονται μεγάλες ποσότητες για μια τεράστια αγορά (όλη η γη) και για μικρό διάστημα μηνών, το οποίο δεν επιτρέπει την εκ’ νέου παραγωγή και αποστολή προϊόντων καθώς είναι χρονοβόρο.

Επομένως, σχεδόν ένα χρόνο πριν επιλέγεται η γκάμα που θα έχει η κάθε εταιρεία στα καταστήματα της και στη συνέχεια ζητούνται οι ποσότητες που θα χρειαστεί για το διάστημα της εποχικότητας. Πολλές φορές, η γκάμα αποτελείται από νέους κωδικούς, διαφορετικούς από την προηγούμενη χρονιά καθώς αλλάζουν όχι μόνο οι ανάγκες των πελατών αλλά και οι τάσεις από την μία χρονιά στην άλλη. Το θετικό είναι ότι τα εποχιακά είναι κερδοφόρα, διότι υπάρχει μεγάλη ζήτηση γι’ αυτά αλλά η πρόβλεψη της ζήτησης τους δεν είναι τόσο εύκολή καθώς δε κυμαίνεται σε σταθερά επίπεδα.

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η διαφορά που υπάρχει στις πωλήσεις ενός εποχιακού είδους της εξεταζόμενης εταιρείας μας το χρονικό διάστημα της εποχής του και όταν είναι εκτός εποχής (off-season). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα λοιπόν είναι ένα χριστουγεννιάτικο στολίδι, το οποίο σημειώνει μεγάλες πωλήσεις την περίοδο των Χριστουγέννων (Δεκέμβριος 2019), αλλά οι πωλήσεις του είναι μηδενικές όταν δεν είναι η εποχή του (Μάρτιος 2020). Αντίθετα, ένα προϊόν το οποίο πωλείται καθ’ όλη τη διάρκεια του έτους (οικιακό σκεύος) παρουσιάζει ναι

μεν χαμηλότερες πωλήσεις συγκριτικά με το εποχιακό είδος το Δεκέμβριο του 2019, αλλά οι πωλήσεις του είναι σχεδόν σταθερές όλους τους μήνες του έτους.



Διάγραμμα 4. Παράδειγμα εποχιακού και μη εποχιακού είδους της εξεταζόμενης εταιρείας σε δύο διαφορετικούς μήνες

Το αποτέλεσμα της μη ορθής πρόβλεψης των εποχιακών είναι είτε να αποκτηθεί υπεραπόθεμα το οποίο θα πρέπει να αποθηκευτεί με κόστος ένα ολόκληρό έτος είτε εάν τα αποθέματα δεν είναι επαρκή, οι πελάτες να ικανοποιούν τις ανάγκες τους στους ανταγωνιστές. Κατά αυτόν τον τρόπο μειώνεται ο αριθμός των καταναλωτών που εισέρχονται στα καταστήματα μίας εταιρείας και το σημαντικότερο μειώνεται το μέσο καλάθι του καταναλωτή. Δηλαδή υπάρχει κατά μέσο όρο μείωση στα έσοδα που έχει μία εταιρεία από τον κάθε πελάτη ξεχωριστά, καθώς εκείνος θα επιλέξει μία άλλη εταιρεία που θα έχει αρκετό απόθεμα να καλύψει τη ζήτηση του.

Ένα χαρακτηριστικό, απλουστευμένο παράδειγμα για το πως υπολογίζονται οι ποσότητες προϊόντων ροής που χρειαζόμαστε συγκριτικά με τις πωλήσεις του παρελθόντος ακολουθεί παρακάτω.

Products	Packaging Unit	Monthly Sales 09/2020	Total sales 2020	Monthly Sales 09/2021	Total sales 2021	Total Stock	Total Warehouse stock	Quantities of unfulfilled orders	Average monthly sales	Order 2 months sales	ORDER (based on packaging)
A	6	49	506	23	317	173	0	0	35,22	-70,44	72
B	10	29	346	15	248	178	0	0	27,56	-55,11	50
C	8	43	325	9	188	130	16	8	20,89	-25,78	32
D	5	11	90	2	77	87	0	0	8,56	-17,11	20

Πίνακας 2. Διαδικασία παραγγελίας κωδικού ροής

Στον πίνακα δίνονται τα στοιχεία τεσσάρων κωδικών ροής, στα οποία υπολογίζεται με βάση την ιστορικότητα, οι παραγγελίες για το επόμενο δίμηνο.

Αρχικά τα δεδομένα που έχουμε είναι το συνολικό απόθεμα, το απόθεμα των αποθηκών, η μονάδα συσκευασίας του κάθε κωδικού, οι ανεκτέλεστες ποσότητες παραγγελιών πελατών, οι μηνιαίες και οι ετήσιες πωλήσεις. Το στέλεχος που θα παραγγείλει υπολογίζει τις μέσες μηνιαίες πωλήσεις, και τα τεμάχια που θα χρειαστεί για το επόμενο δίμηνο.

Average monthly sales =

Total sales of current year/number of the month examined (ex. 9 from September)

Order 2 months sales=

Total warehouse stock – (Average monthly sales * 2)

Στη συνέχεια, με βάση τα αποτελέσματα που θα προκύψουν και λαμβάνοντας υπόψη την μονάδα συσκευασίας και τις ανεκτέλεστες ποσότητες παραγγελιών πελατών καταλήγουμε στην ποσότητα παραγγελίας. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα η ποσότητα της κεντρικής αποθήκης είναι μικρή ή μηδενική, οπότε δεν επηρεάζει πολύ το αποτέλεσμα. Παρόλα αυτά θα πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή σε αυτό το δεδομένο για να μην δημιουργηθούν μεγάλοι όγκοι αποθέματος.

Συμπερασματικά, μία καλή πρόβλεψη παραγγελίας ποσοτήτων είναι πολύ σημαντική και θα πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή καθώς από αυτήν επηρεάζεται έμμεσα και η κερδοφορία μιας επιχείρησης.

5.2.3 Περιορισμοί στη μελέτη περίπτωσης

Lead Time

Στην επιχείρηση που θα αναλύσουμε το “lead time”ορίζεται στον χρόνο που μία επιβεβαιωμένη παραγγελία θα παραχθεί και θα σταλεί προς φόρτωση. Στη συνέχεια υπολογίζονται άλλες 30 ημέρες (μήνας) που χρειάζεται να ταξιδέψει η παραγγελία-χρόνος μεταφοράς.

M.O.Q

Στη ανάλυση που θα πραγματοποιήσουμε σε αυτή την διπλωματική λαμβάνουμε υπόψη είναι ότι σε αυτό το τομέα είναι όλα διαπραγματεύσιμα αλλά με όρους. Η ελάχιστη ποσότητα αναφέρεται είτε σε α) επίπεδο τεμαχίου κωδικού είτε σε β) κάλυψη όγκου παλέτας είτε σε γ)συνολική αξία παραγγελίας. Η επιλογή εξαρτάται από τον τρόπο παραγωγής του προμηθευτή, από τις δυνατότητες που υπάρχουν και από την εκάστοτε συμφωνία που πραγματοποιείται.

Χρόνος παράδοσης

Ο χρόνος μεταφοράς στα είδη που έχουν χρησιμοποιηθεί στην έρευνα, έχουν προέλευση από την Κίνα και ο χρόνος που χρειάζεται για να φτάσουν στο λιμάνι του Πειραιά είναι ένας μήνας. Με λίγα λόγια όταν θα εξεταστεί το χρονικό διάστημα της παράδοσης θα υπολογιστεί και ένας επιπλέον μήνας.

Τρόπος διαχείρισης παραγγελίας

Οι παραγγελίες που προέρχονται από την Κίνα, στοχεύουν την αποθήκευση τους στις αποθήκες της εταιρείας και στον ανεφοδιασμό τους από εκείνο το σημείο στα καταστήματα. Με αυτό τον τρόπο, τα καταστήματα θα έχουν άμεσα διαθέσιμα (εντός μία-δύο ημερών) τις ποσότητες που χρειάζονται και δε θα χρειάζεται να αναμείνουν χρόνο για παραχθεί ή να μεταφερθεί το εμπόρευμα.

Ημερομηνία λήξης κωδικών

Οι κωδικοί, οι οποίοι εξετάζουμε δεν έχουν τον περιορισμό της ημερομηνίας λήξης αλλά έχουν τον περιορισμό της φυσικής φθοράς λόγω συνθηκών.

Συναλλαγματική ισοτιμία

Στη περίπτωση μας η μετατροπή έγκειται στη μετατροπή νομίσματος από δολάριο σε ευρώ.

Χρηματοοικονομικό κόστος

Στη μελέτη περίπτωση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο το **defective rate,** δηλαδή ο δείκτης που μετράει πόσο ελαττωματικό είναι ένα προϊόν. Σε μία μαζική παραγγελία από το εξωτερικό όπως είναι η Κίνα, είναι φυσικό επόμενο ότι η επιχείρηση επωμίζεται όλο το κόστος που προκύπτει από τα ελαττωματικά εμπορευμάτων που υπάρχουν εντός της παραγγελίας. Στη περίπτωση, που η παραγγελία γινόταν σε Έλληνα προμηθευτή, πάντα κατόπιν συνεννόησης τα ελαττωματικά εμπορεύματα επιστρέφονται στον ίδιο ακόμη και εάν πρόκειται για ένα μόνο τεμάχιο. Βεβαίως, τα παραπάνω εξαρτώνται και από άλλους παράγοντες όπως είναι πόσο ευαίσθητο είναι ένα προϊόν για να υπάρχει υψηλό defective rate.

6. Πειράματα και Αποτελέσματα

Σκοπός του πειραματικού σχεδιασμού είναι να διερευνηθεί η βελτίωση της παραγγελιοδότης που μπορεί να επιτευχθεί από την χρήση κατάλληλων μοντέλων για την πρόβλεψη των πωλήσεων για ένα έτος.

Για την πραγματοποίηση της μελέτης περίπτωσης θα χρησιμοποιηθεί η γλώσσα προγραμματισμού R, η οποία βρίσκεται ελευθέρα διαθέσιμη από το διαδίκτυο με την υποστήριξη της εθελοντικής συνεισφοράς πολλών ανθρώπων ανά τον κόσμο.

Η R είναι στατιστική γλώσσα προγραμματισμού ανοιχτού κώδικα σε περιβάλλον που δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να υλοποιεί υπολογιστική στατιστική και γραφήματα.

Η διαδικασία περιλαμβάνει την προσαρμογή των μοντέλων πρόβλεψης χρονοσειρών με χρήση των δεδομένων πωλήσεων για τα έτη 2015-2018 (Insample). Η ακρίβεια των μοντέλων προκύπτει από την σύγκριση των προβλέψεων για το έτος 2019 (outsample) με τα πραγματικά δεδομένα του έτους αυτού. Εφαρμόζονται μια σειρά μοντέλων πρόβλεψης, ανάλογα με τον τύπο της χρονοσειράς (συνεχής-smoothή διακοπτόμενης ζήτησης- Intermittent).

Αναλυτικά τα βήματα της μεθόδου παρουσιάζονται στην συνέχεια. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε στην γλώσσα R. Χρησιμοποιήθηκαν τα πακέτα: forecast, tsintermittent,TSPred,zoo, tidyverse, readxlκαι ggplot2

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την πρόβλεψη για καθεμία από τις χρονοσειρές είναι τα εξής:

1. Προσδιορισμός τύπου χρονοσειράς (συνεχής ή διακοπτόμενη)
2. Αποσύνθεση (Decomposition) και Αποεποχικοποίηση (deseasonalisation)
3. Εφαρμογή μεθόδων πρόβλεψης
4. Υπολογισμός δεικτών ακρίβειας πρόβλεψης
5. Σύγκριση δεικτών ακρίβειας και προσδιορισμός βέλτιστης μεθόδου

6.1 Πειραματική Διάταξη

Στα πλαίσια των πειραμάτων μας και για να προσομοιάσουμε την κανονική ζωή θα ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία. Από τα δεδομένα που έχουμε, ένα κομμάτι θα το κρατήσουμε κρυφό και θα το ονομάσουμε outsample, το οποίο θα προσπαθήσουμε να το προβλέψουμε με βάση τα υπόλοιπα δεδομένα που θα τα χρησιμοποιήσουμε για την παραγωγή προβλέψεων και θα ονομαστεί Insample.

Για παράδειγμα οι χρονοσειρές που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των μοντέλων πρόβλεψης περιλαμβάνουν τα αποθέματα, τις ποσότητες παραγγελίας και τις πωλήσεις κατά τα έτη 2015-2018 (Insample δεδομένα). Από την άλλη πλευρά, οι πωλήσεις του έτους 2019 χρησιμοποιήθηκαν ως outsample δεδομένα, ώστε να γίνει η αξιολόγηση των μεθόδων.

Αρχικά, οι χρονοσειρές των πωλήσεων ανά μήνα του κάθε έτους περιέχονται σε πλαίσιο δεδομένων ως γραμμές. Η χρονοσειρά Insample θεωρείται ότι ξεκινά στην πρώτη μη ελλείπουσα τιμή, με βάση την οποία ορίζεται ο χρόνος και μήνας. Για τις outsample, θεωρείται ότι ξεκινούν από τον 1ο μήνα του 2019. Οι κενές τιμές μετά την έναρξη της χρονοσειράς, θεωρούνται ίσες με μηδέν. Η συχνότητα κάθε χρονοσειράς είναι 12, καθώς οι παρατηρήσεις είναι μηνιαίες. Οι κωδικοί που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι 111, οι 93 κωδικοί είναι συνεχής ζήτησης (type_smooth) και οι υπόλοιποι 18 παρουσιάζουν διακοπτόμενη ζήτηση (type_intermittent).

Η μεθοδολογική μου προσέγγιση είναι η εξής:

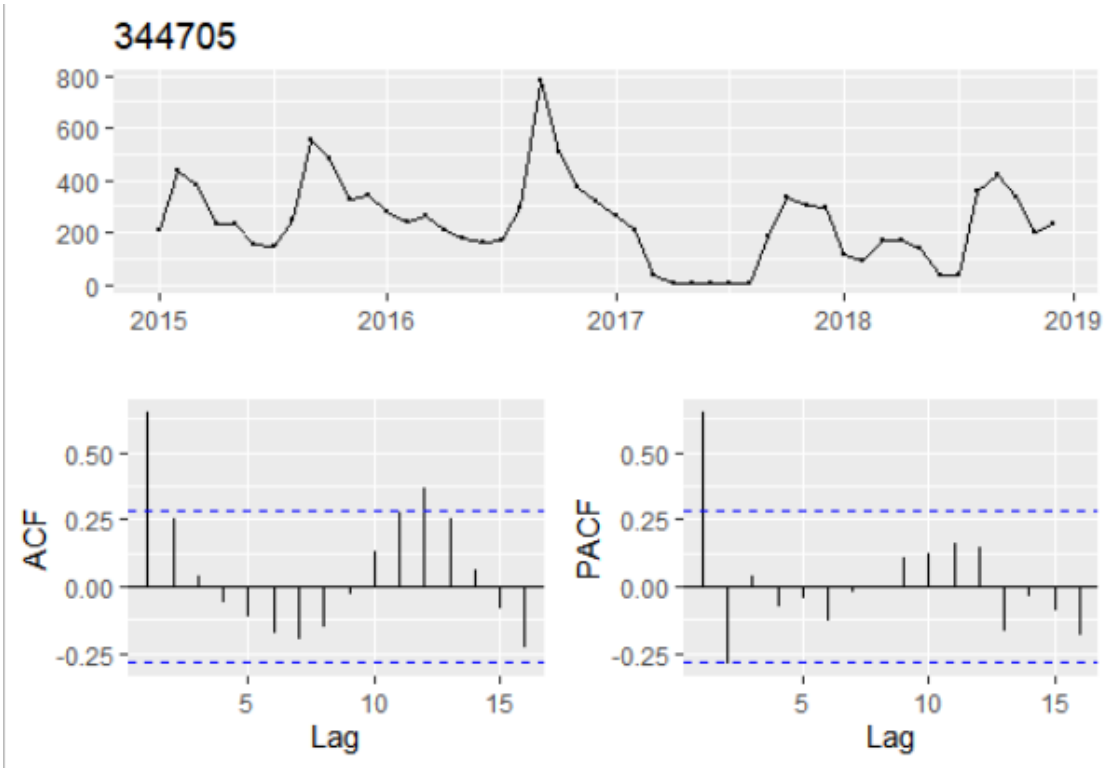
Υπολογίζω τον δείκτη ADI, το οποίο είναι το μέσο διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ μη μηδενικών ζητήσεων. Με βάση αυτόν το δείκτη υπάρχει κανόνας στη βιβλιογραφία ότι εάν είναι άνω των 4/3, ζήτηση θεωρείται διακοπτόμενη (intermittent) αλλιώς η ζήτηση είναι συνεχής (smooth).

6.2 Αποσύνθεση και Αποεποχικοποίηση

Όταν οι χρονοσειρές είναι συνεχής ζήτησης, γίνεται αρχικά έλεγχος εποχικότητας μέσω συνάρτησης και όταν διαπιστωθεί η ύπαρξη της πρέπει να γίνει αποσύνθεση (decomposition) και από-εποχικοποίηση (deseasonalisation) της χρονοσειράς.

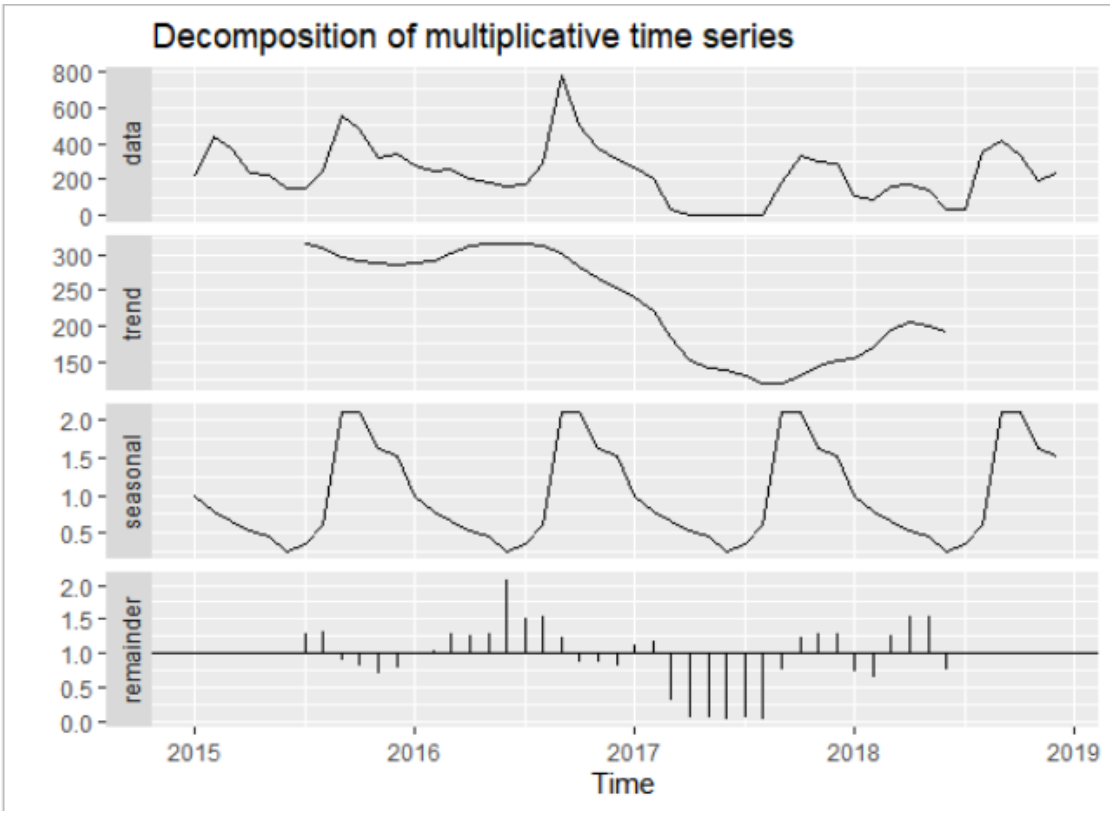
Για την αποσύνθεση μπορεί να χρησιμοποιηθεί το αθροιστικό (additive) ή το πολλαπλασιαστικό (multiplicative) μοντέλο. Το αθροιστικό μοντέλο προτιμάται όταν υπάρχουν μηδενικές τιμές. Η από-εποχικοποίηση πραγματοποιείται είτε διαιρώντας (multiplicative) ή αφαιρώντας (additive) το δείκτη εποχικότητας.

Το παρακάτω διάγραμμα χρονοσειράς και διαγράμματα αυτοσυσχέτισης (ACF) και μερικής αυτοσυσχέτισης (PACF), αντιστοιχεί σε χρονοσειρά συνεχούς ζήτησης που παρουσιάζει σημαντική εποχικότητα.



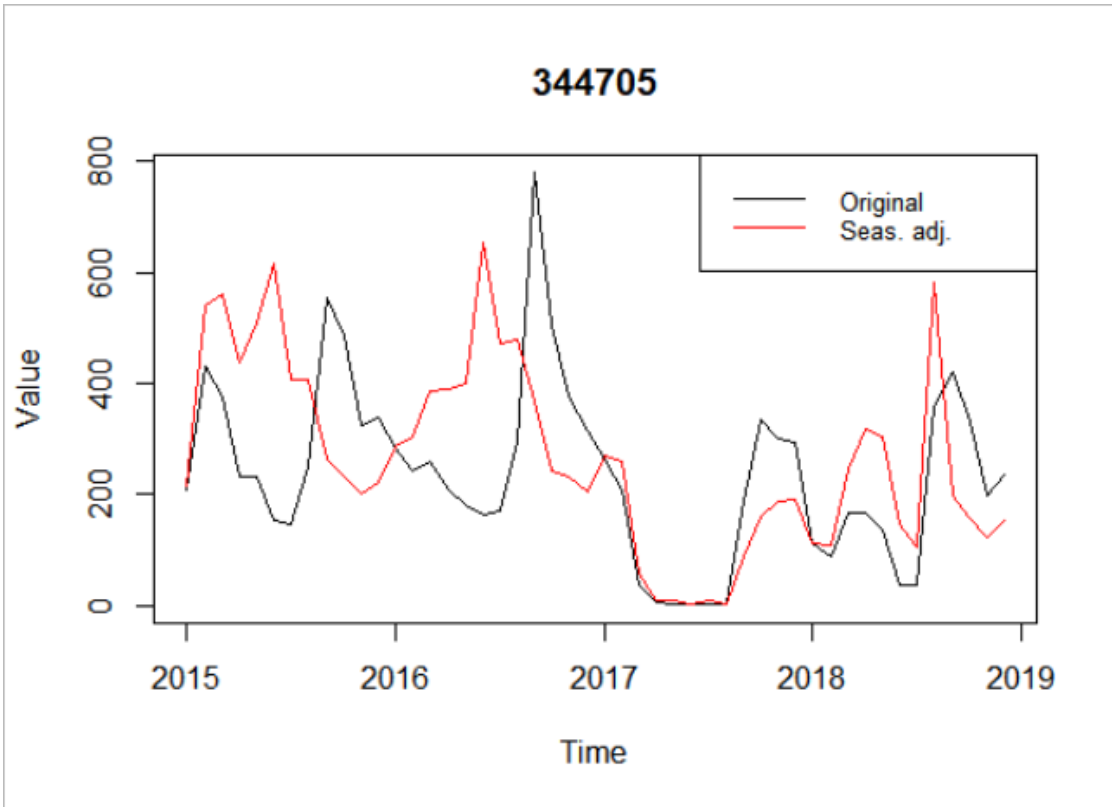
Διάγραμμα 5 . Παράδειγμα χρονοσειράς συνεχούς ζήτησης με έντονη εποχικότητα

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζονται τα αρχικά δεδομένα, οι δείκτες εποχικότητας, η τάση και τα σφάλματα, που προκύπτουν από την εφαρμογή του πολλαπλασιαστικού μοντέλου.



Διάγραμμα 6.Παράδειγμα αποσύνθεσης πολλαπλασιαστικών χρονοσειρών

Το επόμενο Διάγραμμα παρουσιάζει την αρχική χρονοσειρά με την μαύρη γραμμή και την αποεποχικοποιημένη χρονοσειρά με την κόκκινη γραμμή, που έχει προκύψει διαιρώντας τις αρχικές τιμές με τους δείκτες εποχικότητας, καθώς έχει εφαρμοστεί το πολλαπλασιαστικό μοντέλο για την αποσύνθεση.

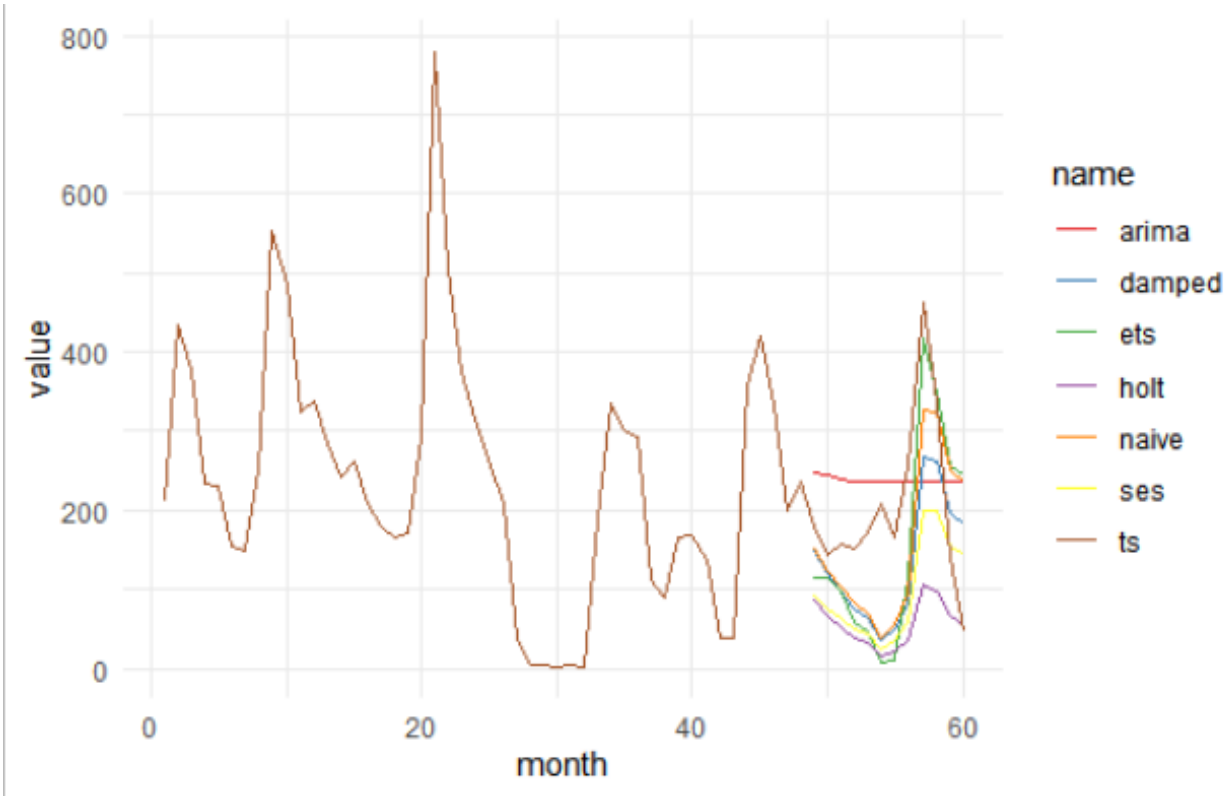


Διάγραμμα 7. Παράδειγμα σύγκρισης αρχικής και αποεποχικοποιημένης χρονοσειράς.

6.3 Μέθοδος Εκθετικής Εξομάλυνσης(ETS)

Ακολούθως, γίνεται εποχικοποίηση των προβλέψεων των μοντέλων Holt, Damped Holt, Naïvekαι SES, πολλαπλασιάζοντας με τους δείκτες εποχικότητας. Οι εποχικοποιημενες προβλέψεις χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του RMSE, με βάση το οποίο γίνεται η σύγκριση των μοντέλων.

Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζονται οι εποχικοποιημενες προβλέψεις των παραπάνω μοντέλων καθώς και η πλήρης αρχική χρονοσειρά.



Διάγραμμα 8. Προβλέψεις μοντέλων arima, damped, ets, holt, naïve, ses, ts

6.4 Πρόβλεψη για χρονοσειρές διακοπτόμενης ζήτησης

Στο στάδιο αναγνώρισης του καταλληλότερου μοντέλου ARIMA για μια χρονοσειρά απαιτείται η γνώση των τιμών των συντελεστών αυτοσυσχέτισης (Auto Correlation Factor - ACF) και μερικής αυτοσυσχέτισης (Partial Auto-Correlation Factor - PACF). Ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης για υστέρηση k ορίζεται ως το πηλίκο της αυτοσυνδιακύμανσης γk προς τη διακύμανση γ0=σ2 της χρονοσειράς:

$$ACF(k) = pk = \frac{\gamma k}{\gamma o}$$

,όπου

$$\gamma_k = E[(y_{t-k} - \mu_{t-k})(y_t - \mu_t)] = E[(y_{t-k} - y_t) - \mu^2]$$

$$\gamma_0 = E[(y_t - \mu)^2] = E[y_t^2] - \mu^2 = \sigma^2$$

Στην ουσία ο ACF μας δείχνει κατά πόσο η τιμή της χρονοσειράς σε μία περίοδο εξαρτάται από την τιμή της παρατήρησης k περιόδων πίσω. Παίρνει τιμές από +1 έως -1, οι οποίες δηλώνουν απόλυτα θετική ή αρνητική

συσχέτιση αντίστοιχα, όπως ακριβώς ορίζει δηλαδή και η κλασική συσχέτιση κατά Pearson (R 2). Αν ο ACF ισούται με μηδέν τότε δεν υπάρχει καμία συσχέτιση μεταξύ των δύο τιμών. Θεωρώντας στάσιμη χρονοσειρά η παραπάνω σχέση μπορεί να απλοποιηθεί ως:

$$p_k = \frac{\sum_{t=k+1}^{T}(y_t - \mu)(y_{t-k} - \mu)}{\sum_{t=1}^{T}(y_t - \mu)^2}$$

Ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης δείχνει κατά πόσο η τιμή της χρονοσειράς σε μία περίοδο εξαρτάται από την τιμή της παρατήρησης k περιόδων πίσω, μη λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση που μπορούν ενδεχομένως να επιφέρουν οι ενδιάμεσες τιμές αυτής. Προφανώς για k=1 ο δείκτης ACF ταυτίζεται με αυτόν του PACF. Ο πιο ακριβής τρόπος υπολογισμού των PACF είναι ο υπολογισμός μιας σειράς συντελεστών παλινδρόμησης ελαχίστων τετραγώνων.

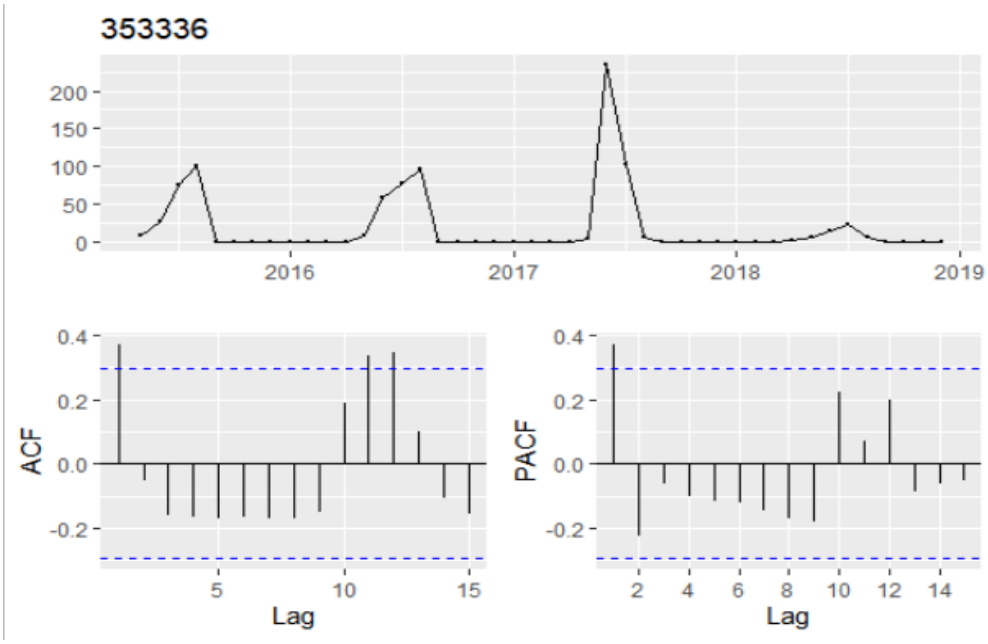
Οι συντελεστές PACF μπορούν να υπολογιστούν μέσω της σχέσης:

$$\varphi_{11} = \rho_1 \ , \varphi_{kk} = p_k - \sum_{j=1}^{k-1} \frac{\varphi_{k-1,j}\rho_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} \varphi_{k-1,j}\rho_j} \text{ για } k = 2,3 \ldots \text{ και}$$

$$\varphi_{kj} = \varphi_{k-1,j} - \varphi_{kk}\varphi_{k-1,k-j} \text{ για } k = 3,4,\ldots \ j = 1,2,\ldots$$

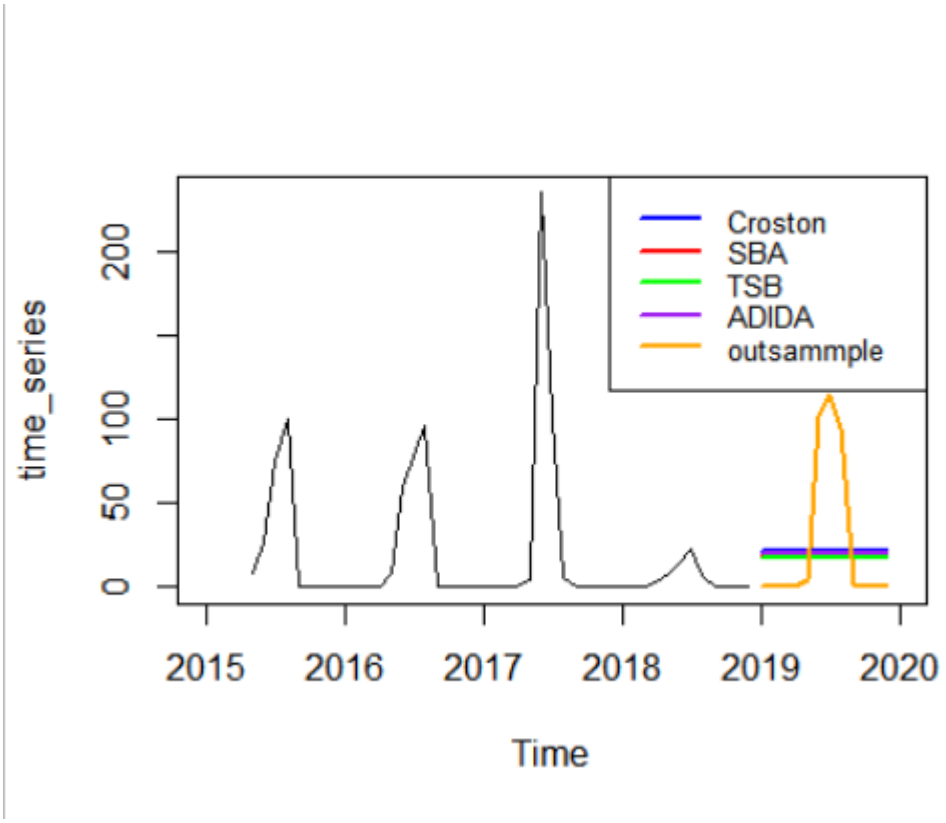
Οι συντελεστές ACF και PACF των μοντέλων ARIMA αποτελούν στην πραγματικότητα εκτιμήσεις των πραγματικών αντίστοιχων συντελεστών της χρονοσειράς. Βρίσκονται αρκετά κοντά σε αυτές αλλά δεν ταυτίζονται

Το παρακάτω διάγραμμα χρονοσειράς in sample και διαγράμματα αυτοσυσχέτισης (ACF) και μερικής αυτοσυσχέτισης (PACF), αντιστοιχεί σε χρονοσειρά διακοπτόμενης ζήτησης.



Διάγραμμα 9.ACF&PACF χρονοσειράς διακοπτόμενης ζήτησης.

Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζονται οι προβλέψεις των μοντέλων Croston, TSB, SBA και ADIDA, καθώς και η πραγματική μας χρονοσειρά (outsample).



Διάγραμμα 10. Αποτελέσματα μοντέλων διακοπτόμενης ζήτησης.

6.5 Αποτελέσματα και αξιολόγηση μεθόδων

Οι προβλέψεις κάθε μεθόδου για τους επόμενους 12 μήνες, συγκρίθηκαν με τις τιμές στο outsampleγια το έτος 2019. Όταν υπήρχε εποχικότητα, οι προβλέψεις των μοντέλων Naïve, Holt, Damped Holt και SES, διορθώνονται για την ύπαρξη εποχικότητας. Με βάση το σφάλμα που προκύπτει από την σύγκριση των πραγματικών και των προβλεπόμενων τιμών, μπορούν να υπολογιστούν διάφοροι δείκτες ακρίβειας.

Για την σύγκριση των μεθόδων συνεχούς ζήτησης, χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης RMSE (Root Mean Squared Error).

Οι τελικοί δείκτες RMSE που προκύπτουν για την χρονοσειρά συνεχούς ζήτησης που παρουσιάστηκε παραπάνω είναι οι εξής:

DAMPED	NAÏVE	HOLT	SES	ARIMA	ETS
116.242	112.715	171.243	139.943	110.014	119.851

Επομένως, στην συγκεκριμένη χρονοσειρά, επιλέγεται η μέθοδος Auto.arima , καθώς έχει την καλύτερη ακρίβεια (μικρότερο δείκτη σφάλματος).

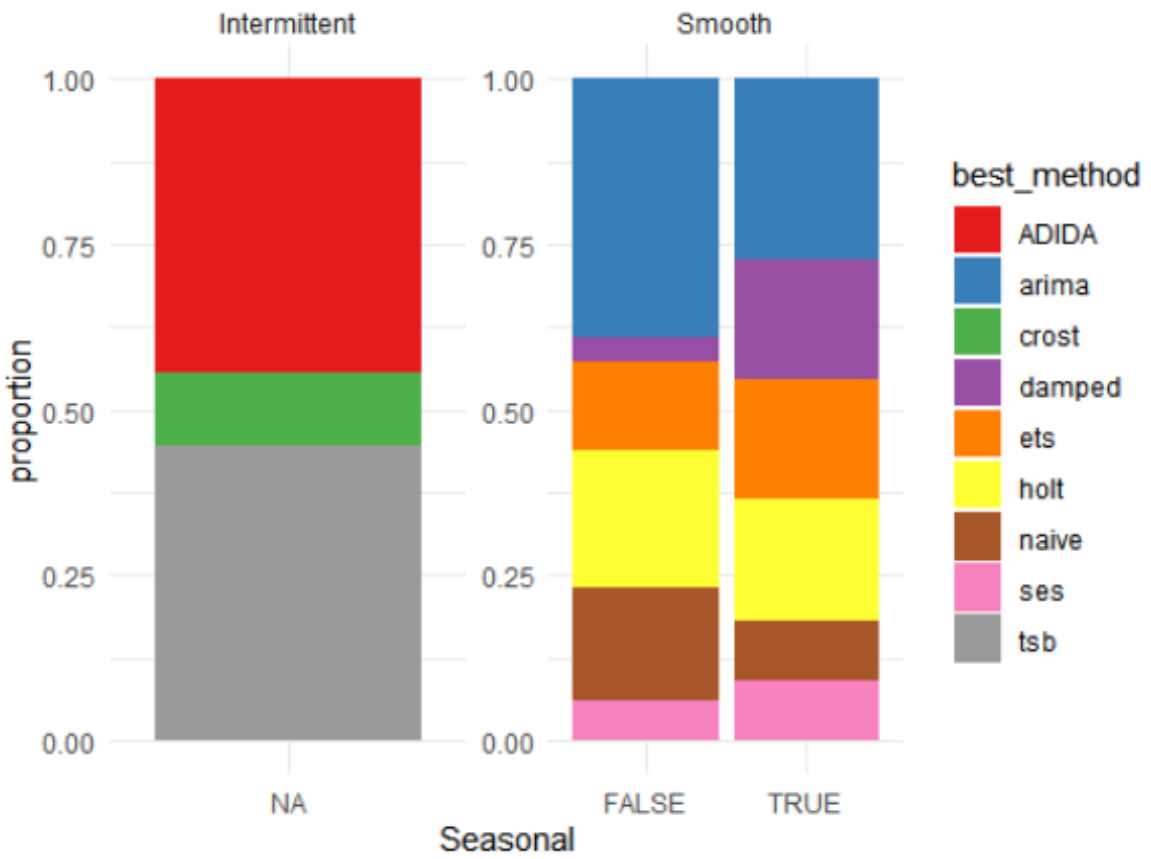
Για τις χρονοσειρές διακοπτόμενης ζήτησης, ο δείκτης MAE (Mean Absolute Error). Ως βέλτιστη μέθοδος για κάθε περίπτωση, είναι εκείνη που καταλήγει στο μικρότερο σφάλμα.

Τα αποτελέσματα για την χρονοσειρά διακοπτόμενης ζήτησης που παρουσιάστηκε προηγουμένως, έχουν ως εξής:

TSB	SBA	CROSTON	ADIDA
34.323	34.995	36.051	35.708

Επομένως, σε αυτήν την περίπτωση, επιλέγεται η μέθοδος TSB ως το βέλτιστο μοντέλο.

Στο επόμενο ραβδόγραμμα, παρουσιάζεται το ποσοστό στο οποίο η κάθε μέθοδος αξιολογήθηκε ως η βέλτιστη ως προς την ακρίβεια πρόβλεψης, ανά τύπο χρονοσειράς διακοπτόμενη ή συνεχής με και χωρίς εποχικότητα.



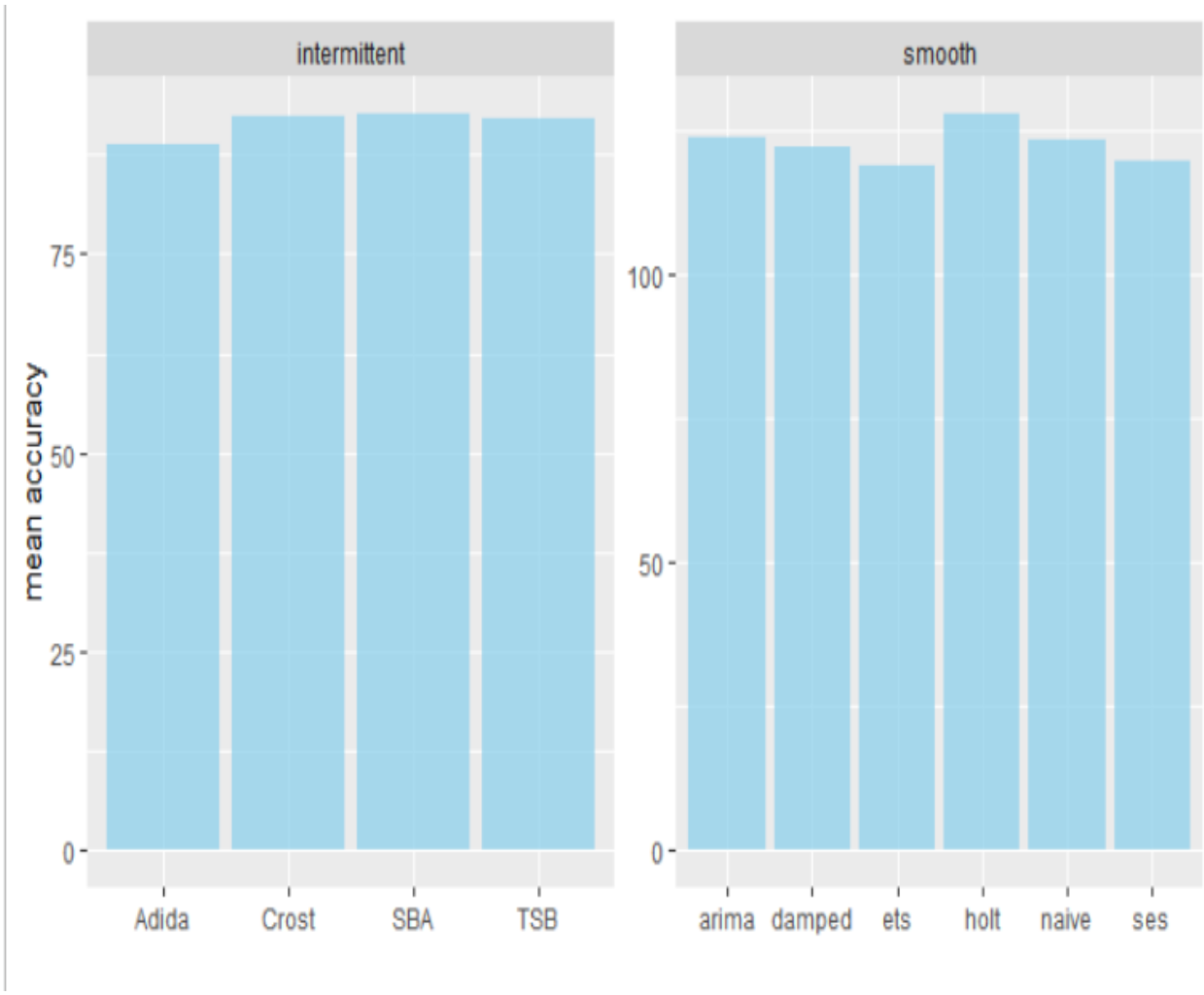
Ραβδόγραμμα 1. Αποτελέσματα των μεθόδων πρόβλεψης.

Παρατηρείται ότι στην συνεχή ζήτηση με εποχικότητα οι μέθοδοι ARIMA, Damped, ETS, Holt είχαν παρόμοια απόδοση, δηλαδή αποδείχτηκαν ως τα βέλτιστα μοντέλα σε παρόμοιο αριθμό χρονοσειρών. Αντίθετα, οι μέθοδοι Naive και SES σημείωσαν μικρότερα ποσοστά.

Κατά την ύπαρξη εποχικότητας, η μέθοδος Auto. Arimaεπιφέρει καλύτερα αποτελέσματα, και ακολουθούν οι Holt και η Naïve. Τα ποσοστά των μεθόδων Damped, SESείναι πολύ μικρότερα.

Για τις χρονοσειρές διακοπτόμενης ζήτησης, οι μέθοδοι ADIDAκαι TSBείχαν παρόμοια υψηλά ποσοστά, και αρκετά μεγαλύτερα σε σχέση με την Croston. Η μέθοδος SBAδεν αναδείχτηκε ως η βέλτιστη σε καμία περίπτωση.

Στο επόμενο ραβδόγραμμα παρουσιάζεται η μέση τιμή των δεικτών ακρίβειας (MAE για διακοπτόμενη ζήτηση και RMSE για συνεχή) που προέκυψε από την εφαρμογή των μοντέλων σε όλες τις χρονοσειρές. Παρατηρούμε ότι δεν σημειώνονται αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των μεθόδων για τον κάθε τύπο χρονοσειρών. Η ελάχιστη τιμή σφάλματος (και αρά η υψηλότερη ακρίβεια πρόβλεψης) για την διακοπτόμενη ζήτηση επιτυγχάνεται με την ADIDA, και για την συνεχή με την ETSκαι με τη SES.



Ραβδόγραμμα 2. Μέση τιμή δεικτών ακριβείας

Στους επόμενους πίνακες, παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα για κάθε χρονοσειρά.

Ο πίνακας συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων για τις συνεχείς χρονοσειρές, παρουσιάζει για κάθε χρονοσειρά τα αποτελέσματα ως προς την ύπαρξη εποχικότητας (στήλη “Seasonal”: TRUE= ύπαρξη εποχικότητας, FALSE= χωρίς εποχικότητα), καθώς και τον τύπο του μοντέλου αποσύνθεσης (στήλη “type”:multiplicative= πολλαπλασιαστικό, additive=αθροιστικό), που χρησιμοποιήθηκε σε περίπτωση ύπαρξης εποχικότητας. Στις επόμενες στήλες παρουσιάζεται το RMSE για κάθε μέθοδο. Στην στήλη “best_model” αναφέρεται το βέλτιστο μοντέλο, με βάση την ακρίβεια των προβλέψεων.

Επίσης, το σημαντικότερο είναι ότι στον πίνακα παρουσιάζεται το RMSEκάθε μεθόδου, καθώς και το μοντέλο με τα βέλτιστα αποτελέσματα. Το RMSEείναι ο τυπικός τρόπος μέτρησης του σφάλματος ενός μοντέλου στην πρόβλεψη ποσοτικών δεδομένων, δηλαδή είναι ένα συχνά χρησιμοποιούμενο μέτρο των διαφορών μεταξύ των τιμών που προβλέπονται από ένα μοντέλο ή έναν εκτιμητή και τις τιμές που παρατηρούνται. Παρακάτω βλέπουμε λοιπόν, ότι το μικρότερο RMSE των μεθόδων μας οδηγεί και στην βέλτιστη μέθοδο.

Code	Seasonal	Type	Damped	Naive	Holt	SES	ARIMA	ETS	Best_method
066	TRUE	Additive	48.81	62.48	51.16	52.93	80.03	80.03	DAMPED
044	TRUE	Additive	205.41	206.66	258.51	188.58	367.49	337.14	SES
239	TRUE	Additive	74.13	80.27	105.55	80.59	72.80	88.22	ARIMA
240	TRUE	Additive	272.69	282.37	272.64	287.02	384.18	306.53	HOLT
241	TRUE	Additive	249.55	195.41	234.00	186.02	403.63	173.45	ETS
705	TRUE	Multiplicative	116.24	112.72	125.79	112.75	110.01	119.85	ARIMA
711	TRUE	Multiplicative	20.13	53.84	33.49	27.31	34.93	20.40	DAMPED
059	TRUE	Multiplicative	34.89	15.83	34.82	32.11	30.11	28.36	NAIVE
602	TRUE	Multiplicative	54.60	50.49	64.92	52.27	21.89	34.81	ARIMA
606	TRUE	Multiplicative	187.59	194.16	183.14	195.56	209.60	164.25	ETS
456	TRUE	Multiplicative	41.04	49.89	36.05	50.97	52.59	40.55	HOLT
887	FALSE		43.43	43.41	48.61	43.41	52.41	53.10	NAIVE
888	FALSE		27.88	25.22	28.57	27.30	27.15	27.30	NAIVE
232	FALSE		68.17	75.59	69.42	68.55	44.67	68.54	ARIMA
500	FALSE		151.77	150.09	158.77	152.81	111.47	152.80	ARIMA
347	FALSE		124.69	132.63	124.24	125.38	125.80	123.11	ETS
328	FALSE		65.88	64.82	64.60	65.63	64.64	50.24	ETS
500	FALSE		105.09	105.09	128.30	105.09	109.91	102.54	ETS
501	FALSE		94.86	94.81	116.94	94.82	53.59	94.82	ARIMA
753	FALSE		40.70	40.57	40.65	40.78	40.15	40.78	ARIMA
706	FALSE		76.17	76.17	77.23	76.17	81.39	124.60	SES
707	FALSE		64.96	64.96	64.74	64.96	89.70	75.02	HOLT
709	FALSE		45.94	45.94	55.69	45.94	55.98	45.94	DAMPED

Πίνακας 3/1. Αποτελέσματα RMSE για συνεχείς χρονοσειρές με την κάθε μέθοδο.

Code	Seasonal	Type	Damped	Naive	Holt	SES	ARIMA	ETS	Best_method
710	FALSE		30.17	30.19	24.16	30.19	28.64	30.19	HOLT
712	FALSE		49.85	49.84	50.03	49.84	40.25	67.19	ARIMA
005	FALSE		9.04	13.34	8.92	9.59	9.74	8.93	HOLT
437	FALSE		259.87	274.42	244.66	266.76	274.42	179.32	ETS
601	FALSE		22.31	22.32	22.81	22.32	22.61	17.17	ETS
604	FALSE		35.07	37.98	32.46	35.85	39.26	20.93	ETS
436	FALSE		22.25	22.39	20.95	22.40	25.31	22.40	HOLT
989	FALSE		113.74	154.12	99.68	148.82	152.68	148.84	HOLT
002	FALSE		6.32	16.57	6.66	6.62	7.56	20.16	DAMPED
003	FALSE		18.99	8.52	16.00	15.55	15.19	11.76	NAIVE
004	FALSE		30.69	49.41	72.41	31.96	18.83	31.97	ARIMA
006	FALSE		20.35	48.32	17.98	19.57	19.57	39.12	HOLT
008	FALSE		21.99	19.62	22.28	24.97	24.97	20.56	NAIVE
013	FALSE		11.98	25.80	11.99	11.71	14.52	11.71	SES
015	FALSE		8.11	16.58	9.20	12.24	12.53	15.72	DAMPED
852	FALSE		28.26	29.89	29.72	28.75	28.00	13.83	ETS
433	FALSE		146.04	145.98	178.67	145.98	133.15	145.98	ARIMA
434	FALSE		251.71	312.11	252.50	252.13	246.32	252.13	ARIMA
438	FALSE		107.46	97.76	107.18	98.71	61.55	98.71	ARIMA
439	FALSE		115.88	97.68	124.33	121.14	121.14	121.14	NAIVE
440	FALSE		353.66	327.53	364.14	336.13	332.85	335.74	NAIVE
441	FALSE		216.70	180.24	202.87	232.00	231.99	232.00	NAIVE
449	FALSE		102.02	103.56	139.19	103.10	101.00	103.10	ARIMA
450	FALSE		88.18	87.73	142.69	87.73	64.33	87.73	ARIMA

Πίνακας 3/2. Αποτελέσματα RMSE για συνεχείς χρονοσειρές με την κάθε μέθοδο.

Code	Seasonal	Type	Damped	Naive	Holt	SES	ARIMA	ETS	Best_method
451	FALSE		124.99	124.83	172.07	124.83	83.74	124.83	ARIMA
453	FALSE		78.79	79.22	79.05	79.23	51.52	79.23	ARIMA
454	FALSE		68.78	81.23	65.33	79.38	50.70	79.39	ARIMA
455	FALSE		45.99	46.85	58.87	46.17	34.73	46.17	ARIMA
466	FALSE		56.71	62.53	55.04	63.20	62.58	56.12	HOLT
469	FALSE		46.96	46.92	38.43	49.78	48.87	40.30	HOLT
471	FALSE		41.01	41.34	38.17	33.55	33.73	37.08	SES
472	FALSE		82.89	91.48	95.10	79.67	77.73	78.39	ARIMA
476	FALSE		53.88	65.88	53.16	49.35	33.54	58.76	ARIMA
477	FALSE		47.98	60.44	63.64	43.15	43.07	43.15	ARIMA
985	FALSE		50.15	58.35	49.88	50.24	50.24	50.24	HOLT
086	FALSE		61.43	63.01	50.81	61.83	51.17	57.25	HOLT
087	FALSE		101.40	99.55	103.32	100.60	104.33	100.68	NAIVE
682	FALSE		42.06	41.32	41.11	41.75	39.74	41.75	ARIMA
683	FALSE		47.41	24.68	34.95	40.70	38.95	44.97	NAIVE
235	FALSE		115.43	112.48	129.02	112.48	85.05	62.31	ETS
243	FALSE		184.21	175.38	194.77	175.64	147.83	175.64	ARIMA
246	FALSE		219.76	205.01	206.01	205.01	152.95	157.35	ARIMA
261	FALSE		136.30	131.68	260.79	131.68	93.92	84.21	ETS
534	FALSE		46.00	45.89	58.32	45.98	34.90	35.87	ARIMA
334	FALSE		1871.46	1885.69	1750.88	1885.68	2353.80	1885.19	HOLT
335	FALSE		1662.21	1673.57	1594.21	1673.55	1750.58	1673.55	HOLT
336	FALSE		170.61	57.22	172.16	95.87	107.89	82.67	NAIVE
877	FALSE		37.60	37.41	18.45	37.41	19.94	19.99	HOLT
878	FALSE		67.21	67.21	83.87	67.21	26.67	67.21	ARIMA
891	FALSE		130.47	118.52	176.66	118.53	118.52	118.53	NAIVE
401	FALSE		32.46	132.01	30.81	34.67	34.68	34.67	HOLT
402	FALSE		163.03	163.63	185.30	163.62	61.29	163.62	ARIMA
300	FALSE		56.21	59.45	54.68	58.41	56.45	58.41	HOLT
610	FALSE		104.73	91.84	113.14	91.84	91.84	91.90	NAIVE
611	FALSE		82.45	82.45	90.05	82.45	82.45	82.45	ETS
614	FALSE		47.80	42.37	52.53	42.37	42.37	42.37	SES
123	FALSE		139.43	135.24	196.26	133.58	135.47	133.59	SES
124	FALSE		77.35	77.48	77.97	77.48	76.68	77.48	ARIMA
125	FALSE		123.74	118.70	124.21	118.70	110.88	118.37	ARIMA
126	FALSE		26.60	21.98	33.55	24.96	22.68	24.96	NAIVE
127	FALSE		47.15	46.72	28.30	46.72	40.26	46.72	HOLT
513	FALSE		53.18	51.60	57.03	51.44	51.60	51.44	ETS
551	FALSE		190.05	171.45	213.67	149.27	147.94	149.27	ARIMA
552	FALSE		140.81	119.26	189.70	93.78	92.60	93.78	ARIMA
968	FALSE		14.17	19.20	14.72	15.68	9.64	15.68	ARIMA
970	FALSE		10.03	9.85	10.92	10.70	10.70	10.70	NAIVE
971	FALSE		53.29	55.91	41.42	55.91	55.61	55.91	HOLT
669	FALSE		41.14	92.13	46.36	37.97	37.17	37.97	ARIMA
209	FALSE		27.24	27.12	31.68	27.12	15.92	27.12	ARIMA
211	FALSE		59.74	59.72	88.27	59.72	17.55	59.72	ARIMA

Πίνακας 3/3. Αποτελέσματα RMSE για συνεχείς χρονοσειρές με την κάθε μέθοδο.

Στον παρακάτω πίνακα συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων για τις χρονοσειρές διακοπτόμενης ζήτησης, παρουσιάζονται οι δείκτες MAE (minimum absolute error)για κάθε μέθοδο. Η καλύτερη μέθοδος είναι αυτή που έχει το μικρότερο MAE.

Στην στήλη “best_model” αναφέρεται το βέλτιστο μοντέλο, με βάση την ακρίβεια των προβλέψεων. Όπως παρατηρούμε καταλήγουμε ως καλύτερες μέθοδούς στην ADIDAκαι TSB.

Αντιλαμβανόμαστε ότι ποια θα είναι η καλύτερη μέθοδος για κάθε χρονοσειρά σχετίζεται με την φύση και τα χαρακτηριστικά των χρονοσειρών, οπότε είναι διαφορετική στην εκάστοτε περίπτωση. Όμως είναι ενδεικτικό ότι σχεδόν 40% είναι καλύτερη η μέθοδος ADIDAκαι 40% είναι καλύτερη η μέθοδος TSB, αφήνοντας με ένα μικρό ποσοστό τη μέθοδο Croston.

Code	TSB	SBA	Croston	Adida	Best_method
111	20.93	21.33	21.39	18.46	ADIDA
036	79.66	87.95	87.81	32.42	ADIDA
174	228.67	233.65	238.31	232.17	TSB
334	40.11	42.08	42.08	28.44	ADIDA
336	34.32	35.00	36.05	35.71	TSB
234	64.92	65.66	65.53	64.92	TSB
241	293.91	296.74	297.14	292.06	ADIDA
532	33.80	34.35	34.35	33.55	ADIDA
539	54.21	54.56	53.84	53.53	ADIDA
750	23.00	23.65	23.67	22.99	ADIDA
606	56.09	33.57	33.54	55.38	CROSTON
510	31.91	32.80	32.80	32.33	TSB
511	31.73	32.38	32.40	32.19	TSB
514	32.43	32.84	32.71	32.49	TSB
517	117.93	118.47	120.93	119.47	TSB
531	97.95	95.40	84.81	90.94	CROSTON
545	154.01	155.98	156.10	157.75	TSB
549	263.12	270.68	270.68	262.14	ADIDA

Πίνακας 3/4. Αποτελέσματα MAE κάθε μεθόδου και το μοντέλο βέλτιστων αποτελεσμάτων.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται το σύνολο των χρονοσειρών που είναι 111 κωδικοί. Στη τελευταία στήλη απεικονίζεται το σύνολο των πωλήσεων για το 2019 που προβλέπονται από το βέλτιστο μοντέλο ανά χρονοσειρά.

Αναλυτικότερα, από τους 111 κωδικούς, οι 93 κωδικοί είναι συνεχής ζήτησης (type_smooth) και οι υπόλοιποι 18 παρουσιάζουν διακοπτόμενη ζήτηση (type_intermittent).Από τους προηγούμενους πίνακες έχει γίνει έλεγχος εποχικότητας (seasonality test) και απ' όλους τους κωδικούς μόνο 11 φαίνεται να έχουν εποχικότητα. Στις περιπτώσεις, τις οποίες ο έλεγχος εποχικότητας (seasonality test) είναι θετικός (true) τότε προχωρώ σε αποσύνθεση είτε με additiveμοντέλο είτε με multiplicative. Additiveχρησιμοποιούμε όταν η χρονοσειρά μας έχει και μηδενικές τιμές αλλιώς γίνεται η χρήση του multiplicative. Όπως βλέπουμε και στον παρακάτω πίνακα στις περιπτώσεις που δεν έχουμε εποχικότητα δεν κάνουμε αποσύνθεση.

6.6 Σύγκριση διαδικασίας παραγγελίας και πρόβλεψης

Το ουσιαστικό μέρος της εργασίας μετά την πρόβλεψη είναι εφαρμογή της, δηλαδή στη προκειμένη περίπτωση να παραγγείλουμε. Στους παρακάτω πίνακες 11-15 παρουσιάζεται η διαδικασία της παραγγελίας όπως γίνεται έως τώρα και τα αποτελέσματα της πρόβλεψης που έχουν προκύψει.

Τα δεδομένα που μας παρουσιάζονται είναι ανά χρονοσειρά/codeοι πραγματικές πωλήσεις (ανά τεμάχιο) και οι πραγματικές παραγγελίες που έγιναν το έτος 2019, όπως επίσης το απόθεμα στο τέλος τους έτους αλλά και το απόθεμα που είχε από την αρχή. Στη συνέχεια όσον αφορά τη μελέτη περίπτωσης, έχουμε επιλέξει την πρόβλεψη της καλύτερης μεθόδου και την συγκρίνουμε με τις πραγματικές πωλήσεις. Στο τέλος καταλήγουμε ανά χρονοσειρά και όχι συνολικά στο ποια είναι η καλύτερη διαδικασία ανάμεσα σε αυτό που γίνεται τώρα και στην πρόβλεψη που έχουμε κάνει.

Το πλεονέκτημα στον παρακάτω πίνακα είναι ότι καταλήγει στο αποτελέσματα ποια είναι η καλύτερη διαδικασία συγκρίνοντας τα ποσοστά σφάλματος τα οποία τα λαμβάνουμε υπόψη μας σε απόλυτη τιμή.

Δεδομένα						Μελέτη περίπτωσης			Αποτελέσματα		
Code	Απόθεμα 12/2018	Παραγγελίες 2019	Πωλήσεις 2019	Απόθεμα 12/2019	Σύγκριση παραγγελίας με πραγματικές πωλήσεις	Πρόβλεψη καλύτερης μεθόδου	Πρόβλεψη καλύτερης μεθόδου -Πωλήσεις 2019	Σύγκριση πρόβλεψης με πραγματικές πωλήσεις	Ποσοστό σφάλματος παραγγελίας	Ποσοστό σφάλματος πρόβλεψης	Καλύτερη διαδικασία
606	0,00	0,00	28,00	-28,00	-1,00	430,54	402,54	14,38	-100,00%	1437,63%	παραγγελία
239	503,00	0,00	314,00	189,00	0,60	993,75	679,75	2,16	60,19%	216,48%	παραγγελία
240	10,00	2.004,00	1.983,00	31,00	0,02	3.450,87	1.467,87	0,74	1,56%	74,02%	παραγγελία
472	1.127,00	1.200,00	1.366,00	961,00	0,70	1.996,66	630,66	0,46	70,35%	46,17%	πρόβλεψη
469	664,00	500,00	819,00	345,00	0,42	1.185,68	366,68	0,45	42,12%	44,77%	παραγγελία
232	613,00	816,00	854,00	575,00	0,67	1.189,29	335,29	0,39	67,33%	39,26%	πρόβλεψη
456	459,00	896,00	762,00	593,00	0,78	1.056,80	294,80	0,39	77,82%	38,69%	πρόβλεψη
261	37,00	1.500,00	1.073,00	464,00	0,43	1.443,45	370,45	0,35	43,24%	34,52%	πρόβλεψη
888	850,00	300,00	597,00	553,00	0,93	780,00	183,00	0,31	92,63%	30,65%	πρόβλεψη
466	1.008,00	800,00	1.209,00	599,00	0,50	1.539,59	330,59	0,27	49,55%	27,34%	πρόβλεψη
433	891,00	0,00	2.680,00	-1.789,00	-0,67	3.379,20	699,20	0,26	-66,75%	26,09%	πρόβλεψη
669	731,00	910,00	1.235,00	406,00	0,33	1.533,20	298,20	0,24	32,87%	24,15%	πρόβλεψη
211	0,00	0,00	652,00	-652,00	-1,00	803,68	151,68	0,23	-100,00%	23,26%	πρόβλεψη
471	1.025,00	500,00	1.212,00	313,00	0,26	1.481,92	269,92	0,22	25,83%	22,27%	πρόβλεψη
878	847,00	600,00	1.090,00	357,00	0,33	1.311,57	221,57	0,20	32,75%	20,33%	πρόβλεψη
705	845,00	1.600,00	2.417,00	28,00	0,01	2.853,59	436,59	0,18	1,16%	18,06%	παραγγελία
477	787,00	700,00	999,00	488,00	0,49	1.178,69	179,69	0,18	48,85%	17,99%	πρόβλεψη
450	395,00	1.856,00	1.345,00	906,00	0,67	1.584,03	239,03	0,18	67,36%	17,77%	πρόβλεψη
707	655,00	600,00	1.208,00	47,00	0,04	1.419,34	211,34	0,17	3,89%	17,49%	παραγγελία
455	680,00	896,00	1.190,00	386,00	0,32	1.394,12	204,12	0,17	32,44%	17,15%	πρόβλεψη
059	639,00	0,00	435,00	204,00	0,47	506,65	71,65	0,16	46,90%	16,47%	πρόβλεψη
441	3.028,00	0,00	3.000,00	28,00	0,01	3.492,00	492,00	0,16	0,93%	16,40%	παραγγελία
449	2.022,00	1.500,00	3.166,00	356,00	0,11	3.682,33	516,33	0,16	11,24%	16,31%	παραγγελία
209	0,00	0,00	670,00	-670,00	-1,00	770,09	100,09	0,15	-100,00%	14,94%	πρόβλεψη
682	898,00	1.798,00	1.344,00	1.352,00	1,01	1.541,64	197,64	0,15	100,60%	14,71%	πρόβλεψη
451	1.236,00	1.250,00	2.370,00	116,00	0,05	2.713,50	343,50	0,14	4,89%	14,49%	παραγγελία

Πίνακας 4/1. Σύγκριση διαδικασίας υπάρχουσας παραγγελία με αποτελέσματα πρόβλεψης

Δεδομένα						Μελέτη περίπτωσης			Αποτελέσματα		
Code	Απόθεμα 12/2018	Παραγγελίες 2019	Πωλήσεις 2019	Απόθεμα 12/2019	Σύγκριση παραγγελίας με πραγματικές πωλήσεις	Πρόβλεψη καλύτερης μεθόδου	Πρόβλεψη καλύτερης μεθόδου -Πωλήσεις 2019	Σύγκριση πρόβλεψης με πραγματικές πωλήσεις	Ποσοστό σφάλματος παραγγελίας	Ποσοστό σφάλματος πρόβλεψης	Καλύτερη διαδικασία
852	38,00	300,00	323,00	15,00	0,05	368,94	45,94	0,14	4,64%	14,22%	παραγγελία
438	326,00	0,00	1.242,00	-916,00	-0,74	1.409,21	167,21	0,13	-73,75%	13,46%	πρόβλεψη
985	486,00	430,00	753,00	163,00	0,22	838,95	85,95	0,11	21,65%	11,41%	πρόβλεψη
709	207,00	600,00	798,00	9,00	0,01	875,84	77,84	0,10	1,13%	9,75%	παραγγελία
891	5.805,00	4.080,00	7.358,00	2.527,00	0,34	8.028,00	670,00	0,09	34,34%	9,11%	πρόβλεψη
602	278,00	672,00	677,00	273,00	0,40	737,28	60,28	0,09	40,32%	8,90%	πρόβλεψη
123	1.288,00	1.400,00	2.665,00	23,00	0,01	2.902,07	237,07	0,09	0,86%	8,90%	παραγγελία
006	641,00	0,00	741,00	-100,00	-0,13	806,11	65,11	0,09	-13,50%	8,79%	πρόβλεψη
706	976,00	1.600,00	2.489,00	87,00	0,03	2.699,96	210,96	0,08	3,50%	8,48%	παραγγελία
877	742,00	520,00	1.047,00	215,00	0,21	1.133,50	86,50	0,08	20,53%	8,26%	πρόβλεψη
551	0,00	1.050,00	1.021,00	29,00	0,03	1.101,03	80,03	0,08	2,84%	7,84%	παραγγελία
710	689,00	600,00	822,00	467,00	0,57	878,56	56,56	0,07	56,81%	6,88%	πρόβλεψη
087	199,00	1.136,00	1.314,00	21,00	0,02	1.404,00	90,00	0,07	1,60%	6,85%	παραγγελία
439	1.897,00	0,00	1.582,00	315,00	0,20	1.680,00	98,00	0,06	19,91%	6,19%	πρόβλεψη
124	1.540,00	360,00	1.885,00	15,00	0,01	2.000,55	115,55	0,06	0,80%	6,13%	παραγγελία
015	303,00	0,00	305,00	-2,00	-0,01	322,36	17,36	0,06	-0,66%	5,69%	παραγγελία
002	913,00	0,00	461,00	452,00	0,98	482,30	21,30	0,05	98,05%	4,62%	πρόβλεψη
436	268,00	335,00	436,00	167,00	0,38	456,11	20,11	0,05	38,30%	4,61%	πρόβλεψη
126	1.022,00	0,00	712,00	310,00	0,44	744,00	32,00	0,04	43,54%	4,49%	πρόβλεψη
347	1.608,00	3.570,00	4.332,00	846,00	0,20	4.523,07	191,07	0,04	19,53%	4,41%	πρόβλεψη
887	1.401,00	1.020,00	1.114,00	1.307,00	1,17	1.140,00	26,00	0,02	117,32%	2,33%	πρόβλεψη
066	659,00	2.100,00	926,00	1.833,00	1,98	947,51	21,51	0,02	197,95%	2,32%	πρόβλεψη
005	92,00	300,00	206,00	186,00	0,90	209,64	3,64	0,02	90,29%	1,77%	πρόβλεψη
712	512,00	700,00	1.023,00	189,00	0,18	1.039,33	16,33	0,02	18,48%	1,60%	πρόβλεψη
008	1.223,00	0,00	1.279,00	-56,00	-0,04	1.296,00	17,00	0,01	-4,38%	1,33%	πρόβλεψη
013	578,00	0,00	624,00	-46,00	-0,07	630,75	6,75	0,01	-7,37%	1,08%	πρόβλεψη

Πίνακας 4/2. Σύγκριση διαδικασίας υπάρχουσας παραγγελίας με αποτελέσματα πρόβλεψης

Δεδομένα						Μελέτη περίπτωσης			Αποτελέσματα		
Code	Απόθεμα 12/2018	Παραγγελίες 2019	Πωλήσεις 2019	Απόθεμα 12/2019	Σύγκριση παραγγελίας με πραγματικές πωλήσεις	Πρόβλεψη καλύτερης μεθόδου	Πρόβλεψη καλύτερης μεθόδου -Πωλήσεις 2019	Σύγκριση πρόβλεψης με πραγματικές πωλήσεις	Ποσοστό σφάλματος παραγγελίας	Ποσοστό σφάλματος πρόβλεψης	Καλύτερη διαδικασία
454	1.603,00	800,00	1.982,00	421,00	0,21	1.987,35	5,35	0,00	21,24%	0,27%	πρόβλεψη
004	562,00	400,00	710,00	252,00	0,35	710,71	0,71	0,00	35,49%	0,10%	πρόβλεψη
440	4.228,00	4.200,00	8.310,00	118,00	0,01	8.316,00	6,00	0,00	1,42%	0,07%	πρόβλεψη
125	1.442,00	900,00	2.325,00	17,00	0,01	2.292,94	-32,06	-0,01	0,73%	-1,38%	παραγγελία
989	1.890,00	6.912,00	8.046,00	756,00	0,09	7.919,27	-126,73	-0,02	9,40%	-1,58%	πρόβλεψη
401	0,00	3.744,00	2.524,00	1.220,00	0,48	2.463,06	-60,94	-0,02	48,34%	-2,41%	πρόβλεψη
501	746,00	1.500,00	1.437,00	809,00	0,56	1.400,47	-36,53	-0,03	56,30%	-2,54%	πρόβλεψη
300	198,00	752,00	940,00	10,00	0,01	912,32	-27,68	-0,03	1,06%	-2,94%	παραγγελία
243	19,00	1.170,00	1.177,00	12,00	0,01	1.141,17	-35,83	-0,03	1,02%	-3,04%	παραγγελία
711	581,00	600,00	567,00	614,00	1,08	548,25	-18,75	-0,03	108,29%	-3,31%	πρόβλεψη
552	0,00	900,00	884,00	16,00	0,02	853,70	-30,30	-0,03	1,81%	-3,43%	παραγγελία
753	852,00	1.008,00	1.143,00	717,00	0,63	1.103,22	-39,78	-0,03	62,73%	-3,48%	πρόβλεψη
127	1.140,00	0,00	1.010,00	130,00	0,13	968,88	-41,12	-0,04	12,87%	-4,07%	πρόβλεψη
086	90,00	904,00	931,00	63,00	0,07	889,41	-41,59	-0,04	6,77%	-4,47%	παραγγελία
601	292,00	672,00	687,00	277,00	0,40	656,12	-30,88	-0,04	40,32%	-4,49%	πρόβλεψη
434	4.107,00	0,00	7.964,00	-3.857,00	-0,48	7.530,44	-433,56	-0,05	-48,43%	-5,44%	πρόβλεψη
500	483,00	1.500,00	1.436,00	547,00	0,38	1.345,63	-90,37	-0,06	38,09%	-6,29%	πρόβλεψη
971	0,00	1.000,00	1.675,00	-675,00	-0,40	1.538,45	-136,55	-0,08	-40,30%	-8,15%	πρόβλεψη
003	877,00	0,00	395,00	482,00	1,22	360,00	-35,00	-0,09	122,03%	-8,86%	πρόβλεψη
453	1.226,00	1.280,00	2.128,00	378,00	0,18	1.931,92	-196,08	-0,09	17,76%	-9,21%	πρόβλεψη
683	893,00	1.698,00	1.374,00	1.217,00	0,89	1.236,00	-138,00	-0,10	88,57%	-10,04%	πρόβλεψη
968	0,00	0,00	463,00	-463,00	-1,00	411,43	-51,57	-0,11	-100,00%	-11,14%	πρόβλεψη
604	274,00	672,00	725,00	221,00	0,30	635,09	-89,91	-0,12	30,48%	-12,40%	πρόβλεψη
235	41,00	860,00	861,00	40,00	0,05	744,31	-116,69	-0,14	4,65%	-13,55%	παραγγελία
336	4.251,00	5.040,00	988,00	8.303,00	8,40	852,00	-136,00	-0,14	840,38%	-13,77%	πρόβλεψη
970	0,00	630,00	536,00	94,00	0,18	456,00	-80,00	-0,15	17,54%	-14,93%	πρόβλεψη

Πίνακας 4/3 Σύγκριση διαδικασίας υπάρχουσας παραγγελίας με αποτελέσματα πρόβλεψης.

Δεδομένα						Μελέτη περίπτωσης			Αποτελέσματα		
Code	Απόθεμα 12/2018	Παραγγελίες 2019	Πωλήσεις 2019	Απόθεμα 12/2019	Σύγκριση παραγγελίας με πραγματικές πωλήσεις	Πρόβλεψη καλύτερης μεθόδου	Πρόβλεψη καλύτερης μεθόδου -Πωλήσεις 2019	Σύγκριση πρόβλεψης με πραγματικές πωλήσεις	Ποσοστό σφάλματος παραγγελίας	Ποσοστό σφάλματος πρόβλεψης	Καλύτερη διαδικασία
174	97,00	2.016,00	2.037,00	76,00	0,04	1.726,08	-310,92	-0,15	3,73%	-15,26%	παραγγελία
476	1.367,00	0,00	1.142,00	225,00	0,20	960,32	-181,68	-0,16	19,70%	-15,91%	παραγγελία
750	19,00	300,00	202,00	117,00	0,58	163,80	-38,20	-0,19	57,92%	-18,91%	πρόβλεψη
517	0,00	1.600,00	1.498,00	102,00	0,07	1.123,18	-374,82	-0,25	6,81%	-25,02%	παραγγελία
328	191,00	527,00	699,00	19,00	0,03	518,05	-180,95	-0,26	2,72%	-25,89%	παραγγελία
402	0,00	2.580,00	2.065,00	515,00	0,25	1.440,41	-624,59	-0,30	24,94%	-30,25%	παραγγελία
241	13,00	2.899,00	2.885,00	27,00	0,01	1.997,00	-888,00	-0,31	0,94%	-30,78%	παραγγελία
241	4,00	2.502,00	2.348,00	158,00	0,07	1.611,61	-736,39	-0,31	6,73%	-31,36%	παραγγελία
545	0,00	2.048,00	1.974,00	74,00	0,04	1.332,43	-641,57	-0,33	3,75%	-32,50%	παραγγελία
534	3,00	430,00	396,00	37,00	0,09	265,88	-130,12	-0,33	9,34%	-32,86%	παραγγελία
336	23,00	402,00	318,00	107,00	0,34	211,76	-106,24	-0,33	33,65%	-33,41%	πρόβλεψη
437	743,00	3.976,00	4.540,00	179,00	0,04	2.992,20	-1.547,80	-0,34	3,94%	-34,09%	παραγγελία
234	79,00	990,00	917,00	152,00	0,17	601,52	-315,48	-0,34	16,58%	-34,40%	παραγγελία
549	0,00	2.881,00	2.920,00	-39,00	-0,01	1.870,00	-1.050,00	-0,36	-1,34%	-35,96%	παραγγελία
539	0,00	550,00	540,00	10,00	0,02	344,80	-195,20	-0,36	1,85%	-36,15%	παραγγελία
246	10,00	1.716,00	1.706,00	20,00	0,01	1.059,76	-646,24	-0,38	1,17%	-37,88%	παραγγελία
044	10,00	2.502,00	2.434,00	78,00	0,03	1.477,43	-956,57	-0,39	3,20%	-39,30%	παραγγελία
532	3,00	450,00	446,00	7,00	0,02	243,40	-202,60	-0,45	1,57%	-45,43%	παραγγελία
606	826,00	3.080,00	3.550,00	356,00	0,10	1.874,16	-1.675,84	-0,47	10,03%	-47,21%	παραγγελία
500	543,00	1.500,00	1.742,00	301,00	0,17	819,34	-922,66	-0,53	17,28%	-52,97%	παραγγελία
511	0,00	400,00	364,00	36,00	0,10	146,45	-217,55	-0,60	9,89%	-59,77%	παραγγελία
510	0,00	350,00	374,00	-24,00	-0,06	146,81	-227,19	-0,61	-6,42%	-60,75%	παραγγελία
334	4.544,00	48.000,00	24.647,00	27.897,00	1,13	9.385,70	-15.261,30	-0,62	113,19%	-61,92%	πρόβλεψη
514	0,00	405,00	391,00	14,00	0,04	121,18	-269,82	-0,69	3,58%	-69,01%	παραγγελία
334	84,00	300,00	313,00	71,00	0,23	85,00	-228,00	-0,73	22,68%	-72,84%	παραγγελία
335	7.328,00	28.000,00	22.008,00	13.320,00	0,61	5.208,82	-16.799,18	-0,76	60,52%	-76,33%	παραγγελία

Πίνακας 4/4. Σύγκριση διαδικασίας υπάρχουσας παραγγελίας με αποτελέσματα πρόβλεψης

Δεδομένα						Μελέτη περίπτωσης			Αποτελέσματα		
Code	Απόθεμα 12/2018	Παραγγελίες 2019	Πωλήσεις 2019	Απόθεμα 12/2019	Σύγκριση παραγγελίας με πραγματικές πωλήσεις	Πρόβλεψη καλύτερης μεθόδου	Πρόβλεψη καλύτερης μεθόδου -Πωλήσεις 2019	Σύγκριση πρόβλεψης με πραγματικές πωλήσεις	Ποσοστό σφάλματος παραγγελίας	Ποσοστό σφάλματος πρόβλεψης	Καλύτερη διαδικασία
111	49,00	402,00	214,00	237,00	1,11	45,00	-169,00	-0,79	110,75%	-78,97%	πρόβλεψη
531	0,00	1.008,00	998,00	10,00	0,01	190,07	-807,93	-0,81	1,00%	-80,95%	παραγγελία
036	16,00	432,00	373,00	75,00	0,20	48,00	-325,00	-0,87	20,11%	-87,13%	παραγγελία
610	6,00	804,00	707,00	103,00	0,15	24,00	-683,00	-0,97	14,57%	-96,61%	παραγγελία
513	0,00	375,00	364,00	11,00	0,03	3,23	-360,77	-0,99	3,02%	-99,11%	παραγγελία
614	1,00	600,00	472,00	129,00	0,27	0,00	-472,00	-1,00	27,33%	-100,00%	παραγγελία
611	9,00	795,00	659,00	145,00	0,22	0,00	-659,00	-1,00	22,00%	-100,00%	παραγγελία

Πίνακας 4/5. Σύγκριση διαδικασίας υπάρχουσας παραγγελίας με αποτελέσματα πρόβλεψης.

Η παρουσίαση των πινάκων γίνεται σε επίπεδο κωδικού και μας δίνει την δυνατότητα να καταλάβουμε εάν οι ποσότητες που έχουμε παραγγείλει είναι περισσότερες ή λιγότερες.

Από τους παραπάνω πίνακες, η πρόβλεψη είναι καλύτερη συγκριτικά με την διαδικασία που ακολουθείτε έως τώρα, στους 59 από τους 111 κωδικούς/χρονοσειρές λαμβάνοντας πάντα υπόψη τα ιστορικά δεδομένα. Οσον αφορά την παραγγελιοδότηση που γίνεται παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα σε 52 κωδικούς/χρονοσειρές.

Επομένως, όπως είχαμε αναφέρει και σε άλλο κεφάλαιο, σπουδαίο ρόλο πάιζει το είδος και τα χαρακτηριστικά της χρονοσειράς για τον τρόπο που πρέπει να πραγματοποιούμε παραγγελίες. Το σίγουρο είναι ότι από την έρευνα που διεξήγαμε πάνω από το 50% των χρονοσειρών θα το προβλέπαμε καλύτερα με τις μεθόδους πρόβλεψεις και σε ένα άλλο μικρό ποσοστο θα προσεγγίζαμε το αποθεμα που θα χρειαζόμασταν.

Όσον αφορά το απόθεμα, από την πρόβλεψη που έγινε κατά την έρευνα, παρατηρείτε ότι είναι στην πλειονότητα των κωδικών επαρκές. Με αυτόν τρόπο καλύπτει την ζήτηση που υπήρχε το έτος 2019 αλλά και την ζήτηση που δεν καλύφθηκε λόγω ελλείψεων.

			70.751	47.399
Code	Απόθεμα 12/2018	Πωλήσεις 2019	Πραγματικό απόθεμα 12/2019	Απόθεμα μετά την πρόβλεψη 12/2019
606	0	28	-28	403
239	503	314	189	1.183
240	10	1983	31	1.478
472	1127	1366	961	1.758
469	664	819	345	1.031
232	613	854	575	948
456	459	762	593	754
261	37	1073	464	407
888	850	597	553	1.033
466	1008	1209	599	1.339
433	891	2680	-1.789	1.590
669	731	1235	406	1.029
211	0	652	-652	152
471	1025	1212	313	1.295
878	847	1090	357	1.069
705	845	2417	28	1.282
477	787	999	488	967
450	395	1345	906	634
707	655	1208	47	866
455	680	1190	386	884
59	639	435	204	711
441	3028	3000	28	3.520
449	2022	3166	356	2.538
209	0	670	-670	100
682	898	1344	1.352	1.096
451	1236	2370	116	1.579
852	38	323	15	84
438	326	1242	-916	493
985	486	753	163	572
709	207	798	9	285
891	5805	7358	2.527	6.475
602	278	677	273	338
123	1288	2665	23	1.525
6	641	741	-100	706
706	976	2489	87	1.187
877	742	1047	215	829
551	0	1021	29	80
710	689	822	467	746
87	199	1314	21	289
439	1897	1582	315	1.995
124	1540	1885	15	1.656
15	303	305	-2	320
2	913	461	452	934
436	268	436	167	288
126	1022	712	310	1.054

			70.751	47.399
Code	Απόθεμα 12/2018	Πωλήσεις 2019	Πραγματικό απόθεμα 12/2019	Απόθεμα μετά την πρόβλεψη 12/2019
347	1608	4332	846	1.799
887	1401	1114	1.307	1.427
66	659	926	1.833	681
5	92	206	186	96
712	512	1023	189	528
8	1223	1279	-56	1.240
13	578	624	-46	585
454	1603	1982	421	1.608
4	562	710	252	563
440	4228	8310	118	4.234
125	1442	2325	17	1.410
989	1890	8046	756	1.763
401	0	2524	1.220	-61
501	746	1437	809	709
300	198	940	10	170
243	19	1177	12	-17
711	581	567	614	562
552	0	884	16	-30
753	852	1143	717	812
127	1140	1010	130	1.099
86	90	931	63	48
601	292	687	277	261
434	4107	7964	-3.857	3.673
500	483	1436	547	393
971	0	1675	-675	-137
3	877	395	482	842
453	1226	2128	378	1.030
683	893	1374	1.217	755
968	0	463	-463	-52
604	274	725	221	184
235	41	861	40	-76
336	4251	988	8.303	4.115
970	0	536	94	-80
174	97	2037	76	-214
476	1367	1142	225	1.185
750	19	202	117	-19
517	0	1498	102	-375
328	191	699	19	10
402	0	2065	515	-625
241	13	2885	27	-875
241	4	2348	158	-732
545	0	1974	74	-642
534	3	396	37	-127
336	23	318	107	-83
437	743	4540	179	-805
234	79	917	152	-236

Πίνακες 4/6. Σύγκριση πραγματικών αποθεμάτων 2019 με υποθετικό απόθεμα 2019 μετά την πρόβλεψη

			70.751	47.399
Code	Απόθεμα 12/2018	Πωλήσεις 2019	Πραγματικό απόθεμα 12/2019	Απόθεμα μετά την πρόβλεψη 12/2019
549	0	2920	-39	-1.050
539	0	540	10	-195
246	10	1706	20	-636
44	10	2434	78	-947
532	3	446	7	-200
606	826	3550	356	-850
500	543	1742	301	-380
511	0	364	36	-218
510	0	374	-24	-227
334	4544	24647	27.897	-10.717
514	0	391	14	-270
334	84	313	71	-144
335	7328	22008	13.320	-9.471
111	49	214	237	-120
531	0	998	10	-808
36	16	373	75	-309
610	6	707	103	-677
513	0	364	11	-361
614	1	472	129	-471
611	9	659	145	-650

Πίνακας 4/7. Σύγκριση πραγματικών αποθεμάτων 2019 με υποθετικό απόθεμα 2019 μετά την πρόβλεψη

Οι ελλείψεις είναι φανερές από τις αρνητικές τιμές που υπάρχουν στο πραγματικό απόθεμα το 12/2019. Οι αρνητικές τιμές απεικονίζουν τις παραγγελίες των ανεκτέλεστων παραγγελιών πελάτων που δεν καλύφθηκαν άμεσα, καθώς δεν υπήρχε απόθεμα. Για παράδειγμα στο κωδικό 433, υπήρχαν ανεκτέλεστες παραγγελίες 1789 τεμαχιών ενώ εάν είχε γίνει η πρόβλεψη με την σωστή μέθοδο είχαν εκτελεστεί άμεσα τα 1590 τεμάχια.

Από την άλλη πλευρά παρατηρήθηκε ότι σε κάποιους κωδικούς, οι οποίοι δεν είχαν ιστορικά δεδομένα καθ' ολη τη τετραετία (νέοι κωδικοι), η πρόβλεψη που έγινε στο επίπεδο του αποθέματος δεν ήταν καλή. Είναι φυσιολογικό, καθώς η έρευνα στηρίχθηκε στα ιστορικά δεδομένα.

7. Συμπεράσματα

Εν κατακλείδι, στη παρούσα εργασία έγινε πρόβλεψη της ζήτησης σε ένα κατάστημα λιανικής με χρήση ιστορικών δεδομένων και της γλώσσας προγραμματισμού R. Τα αρχικά κεφάλαια αφορούσαν την σπουδαιότητα της πρόβλεψης στον επιχειρηματικό κόσμο και γενικότερα μία μικρή ανάλυση στις μεθόδους προβλέψεων.

Όσον αφορά την γλώσσα προγραμματισμού R πραγματοποιήθηκε η πειραματική διαδικάσία 111 χρονοσειρών, οι οποίες δεν αφορούσαν όλες το ίδιο εμπόρευμα και ελήφθησαν υπόψη οι ιδιατερότητες της κάθε χρονοσειράς. Τα αποτελέσματα στα οποία καταλήξαμε είναι ότι η μέθοδος Auto arima και TSB είναι στις περισσότερες περιπτώσεις οι καλύτερες μέθοδοι. Οι ιδιατερότητες της κάθε χρονοσειράς αφορούν την υπάρξη εποχικότητας που υπήρχε σε κάποιες από αυτές.

Για παράδειγμα, προιόντα με εποχικότητα είχαν πωλήσεις σε υψηλα επίπεδα κάποιους μήνες συγκριτικά με το υπόλοιπο έτος, και οπότε δεν υπήρχε σταθερότητα. Το μειονέκτημα είναι ότι εάν δεν γίνει σωστή πρόβλεψη είτε θα υπάρξει υπεραπόθεμα είτε θα υπάρξουν ελλέιψεις. Στα αποτελέσματα που καταλήξαμε το υπεραπόθεμα φαίνεται από το γεγονός ότι υπήρχαν μεγάλες αποκλίσεις στο εναπομείναν απόθεμα με τις πωλήσεις του έτους. Από την άλλη πλευρά, οι ελλέιψεις φαίνονται από το γεγονός ότι το απόθεμα έχει αρνητικές τιμές και αυτό γιατί υπήρχαν παραγγελίες πελατών οι οποίες δεν μπόρεσαν να καλυφθούν και έχουν παραμείνει ανεκτέλεστες.

Επίσης έγινε σύγκριση του ήδη υπάρχοντος απλουστευμένου τρόπου παραγγελίας με την καλύτερη κάθε φορά μέθοδο πρόβλεψης και καταλήξαμε ότι στις περισσότερες χρονοσειρές η μέθοδος πρόβλεψης δίνει καλύτερα αποτελέσματα αλλα όχι με μεγάλη διαφορά από τον τρόπο που γινεται τώρα η παραγγελιοδότηση.

Είναι φανερό ότι το σύγχρονο επιχειρηματικό περιβάλλον προσπαθεί τα τελευταία χρονια να συνδεθεί άρρηκτα με την τεχνολογία, τα πληροφοριακά συστήματα και γενικότερα να πλησιάσει την τεχνητή νοημοσύνη. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τους

επιχειρηματίες , να προβλεφθεί το μέλλον ώστε να γνωρίζουν την ζήτηση στα εμπορεύματα τους χωρις να αποθεματοποιούν.

Μία βασική προέκταση της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ένταξη όλων των μεθόδων προβλέψεων σε πληροφοριακά συστήματα οργανισμών. Σχετικά, με την αξιολόγηση της ευκολίας του ελέγχου πρόβλεψης θα ήταν χρήσιμο να αναπτυχθούν περαιτέρω οι τρόποι επιλογής μεθόδων.

Για την πρόβλεψη της ζήτησης ανά κωδικό προϊόντος και την αντίστοιχη παραγγελία στον προμηθευτή, θα μπορούσε να είναι μια προέκταση, η επίτευξη του μέγιστου ποσοστού εξυπηρέτησης, δηλαδή πρόβλεψης της ζήτησης και εξυπηρέτησής της, όχι σε επίπεδο προϊόντος αλλά σε επίπεδο κατηγορίας προϊόντων. Για να επιτευχθεί το παραπάνω θα πρέπει να γίνει μια ομαδοποίηση των προϊόντων και να σχηματιστούν ιεραρχίες προϊόντων και οικογένειες ομοειδών κωδικών.

Από την άλλη πλευρά οι προεκτάσεις της συγκεκριμένης διπλωματικής θα πρέπει να αναζητηθούν και σε μια δεύτερη κατηγορία, η οποία αφορά τους περιορισμούς που μελετήσαμε στο τέταρτο κεφάλαιο. Η περαιτέρω ανάλυση αφορά την ενσωμάτωση της γνώσης και των πληροφοριών του εξωτερικού περιβάλλοντος και των δεδομένων δεδομένων από τρίτες πηγές στα μοντέλα πρόβλεψης και κατ' επέκταση στα πληροφοριακά συστήματα. Εκτός από τα δεδομένα πωλήσεων τα οποία χρησιμοποιήσαμε και μπορούν σε όλες τις περιπτώσεις να ποσοτικοποιηθούν, υπάρχουν και άλλα δεδομένα τα οποία τις περισσότερες φορές είναι πληροφορίες ή περιγραφικά δεδομένα. Όλα τα παραπάνω θα μπορούσαν να είναι συγκεντρωμένα σε ένα πληροφοριακό σύστημα που όχι μονο θα έχει τις μεθόδους προβλέψεων αλλά ακόμη και πληροφορίες , οι οποίες αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες στην διαχείριση αποθέματος.

Η τεχνητή νοημοσύνη έχει ξεκινήσει δυναμικά να υπάρχει στις επιχειρήσεις δημιουργώντας απλουστεύμενες και άμεσες διαδικασίες.

8. Βιβλιογραφία

ΒΙΒΛΙΑ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΕΣ

- Boylan, J.E., & Syntetos, A. A. (2007). The accuracy of a Modified Croston procedure. International Journal of Production Economics, https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.10.005
- Αγιακλόγλου Ν. Χρήστος, Οικονόμου Σ. Γεώργιος (2004) Μέθοδοι Προβλέψεων και Ανάλυσης Αποφάσεων.
- J.C.F. Ehrenthala D. Honhon T. Van Woenselc (2014) Demand seasonality in retail inventory management

  Demand seasonality in retail inventory management - ScienceDirect
- Hyndman, R. J., Koehler, A. B., Snyder, R. D., & Grose, S. (2002)." A state space framework for automatic forecasting using exponential smoothing methods". International Journal of Forecasting, 18, 439–454.
- Πετρόπουλος Φ., Ασημακόπουλος Β., (2011). Επιχειρησιακές Προβλέψεις, εκδόσεις συμμετρία, Αθήνα.
- Kourentzes, N., 2013. “Intermittent Demand Forecasts with Neural Networks”, International Journal of Production Economics, 1
- G. Peter Zhang, Idea Group Inc., 2004 "Neural Networks in Business Forecasting",
- Καλτσούνης Αναστάσιος Δ. 2020 Πρόβλεψη ζήτησης προϊόντων σε κεντρικές αποθήκες με χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης
- Φλαμπούρη Βαρβάρα 2020 Βελτιστοποίηση της διαδικασίας διαχείρισης αποθεμάτων μέσω της χρήσης προηγμένων αλγορίθμων πρόβλεψης
- Σεγρέδος Κωνσταντίνος Πρόβλεψη ζήτησης σε καταστήματα λιανικής με μεθόδους ιεραρχικής συνάθροισης και τεχνικές μηχανικής μάθησης

ΑΡΘΡΑ

- https://softwaremarket.gr/systima-erp-kai-epicheirimatikes-prokliseis/?fbclid=IwAR2V9rBfYRvX5j0PsiStkFAIkopEaAaP2ZOBgLTCMV4jSJO8ZGHPv0PgiY0
- http://www.datacommunication.gr/media/Press_Release_Business_Central_InnovEra_22_01_2020.pdf
- https://medium.com/magnimetrics/introduction-to-seasonality-in-financial-analysis-and-modeling-f59a0100162c
- https://www.sap.com/greece/index.html
- https://www.softone.gr/about-softone/
- https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/modeling/forecasting-methods/
- https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/8560/Mpaltouma_Afroditi.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/6724/legakin_croston.pdf?sequence=3
- https://hbr.org/1971/07/how-to-choose-the-right-forecasting-technique
- https://www.ias.ac.in/article/fulltext/sadh/045/0051