



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



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΣΟΦΗ ANNA-MΑΡΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΑΣΗΜΑΚΟΠΟΥΛΟΣ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2022



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



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΣΟΦΗ ANNA-MΑΡΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΑΣΗΜΑΚΟΠΟΥΛΟΣ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 2022

.....

(Υπογραφή)

Ασημακόπουλος Βασίλειος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

(Υπογραφή)

Ψαρράς Ιωάννης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

(Υπογραφή)

Δούκας Χρυσόστομος
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.



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



(Υπογραφή)

.....

Σόφη Άννα -Μαρία

© 2020 – All rights reserved. Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. 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 τους συγγραφείς. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τους συγγραφείς και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Στο σύγχρονο και πολύ έντονα μεταβαλλόμενο επιχειρηματικό κόσμο η σημασία των προβλέψεων είναι ζωτικής σημασίας για όλες τις επιχειρήσεις. Οι προβλέψεις χρησιμοποιούνται από τα στελέχη όλων των επιχειρήσεων και μπορεί να βασίζονται είτε σε ποιοτικές είτε σε ποσοτικές μεθόδους και αφορούν όλα τα τμήματα της επιχείρησης. Η σωστή αξιοποίηση των δεδομένων δίνει σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στις εταιρίες. Έτσι αναπτύσσονται ολοένα και περισσότερα εργαλεία τα οποία υποστηρίζουν τη συγκεκριμένη ανάγκη. Μία τέτοια πολύ σημαντική ανάγκη πρόβλεψης προκύπτει στις εταιρίες όσον αφορά τις πωλήσεις δηλαδή τη ζήτηση των προϊόντων τους βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι αρχικά να αναλύσει σε θεωρητικό επίπεδο τις έννοιες που σχετίζονται με την πρόβλεψη της ζήτησης και τη διαχείριση των αποθεμάτων, όχι μόνο των τελικών προϊόντων αλλά και των πρώτων και βοηθητικών υλών.

Στη συνέχεια πραγματοποιείται μία μελέτη περίπτωσης αξιοποιώντας στοιχεία από μία ελληνική βιομηχανία τροφίμων. Σύμφωνα με τα διαθέσιμα δεδομένα γίνεται πρόβλεψη της ζήτησης μίας κατηγορίας των τελικών προϊόντων της επιχείρησης και εν συνεχεία διαμορφώνεται το πλάνο παραγωγής και καθορίζονται τα αποθέματα των πρώτων και βοηθητικών υλών. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το είδος της ζήτησης καθώς και το πλήθος των δεδομένων είναι καθοριστικής σημασίας για τη μέθοδο πρόβλεψης που θα επιλεγεί.

Λέξεις Κλειδιά: Μοντέλα Πρόβλεψης, Διαχείριση Αποθεμάτων, Χρονοσειρές, Συστήματα Προγραμματισμού Απαιτούμενων Υλικών, Μέθοδος Croston

Abstract

In the modern and very rapidly changing business world the importance of forecasting is vital for all kind of businesses. Forecasting methods (qualitative or quantitative) are used by the executives of every company and concern all the departments of the company. Undoubtedly, the correct use of data provides a significant competitive advantage to the companies. Thus, many tools are being developed to support this need that arises, among others, from the necessity of predicting sales, i.e. the demand of the various products, both in the short- and the long-term.

The scope of this thesis is initially to analyse at a theoretical level the concepts related to the forecasting methods and to the stock management of final products and raw materials.

Secondly, a case study concerning a Greek food industry is analysed. According to the available data, the final demand is predicted at a product category level. Then, the production plan is formulated and the stock level of the final products and raw materials is determined.

The last part of the thesis presents the results of the case study and highlights its main conclusions. It is found that the type of the demand and the availability of historical data are critical factors for selecting the most appropriate forecasting method.

Key words: Forecasting Methods, Inventory Management, Time series, Material Requirements Planning Systems, Croston Method.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	5
Λέξεις Κλειδιά:.....	5
Πίνακας Περιεχομένων	8
Ευρετήριο Εικόνων.....	10
Ευρετήριο Πινάκων	11
1.Εισαγωγή.....	12
1.1 Αντικείμενο της εργασίας	12
1.2 Η σημασία του σωστού ύψους αποθέματος	13
1.3 Σύνδεση των προβλέψεων ζήτησης των τελικών προϊόντων με τα αποθέματα των Α' & Β' υλών	14
1.4 Περιορισμοί και Προβλήματα στη Διαχείριση των αποθεμάτων.....	15
1.5 Συνέπειες της κακής διαχείρισης αποθεμάτων	16
1.6 Λόγοι Διατήρησης Αποθεμάτων	17
2. Διαχείριση Αποθεμάτων	18
2.1 Κατηγορίες Αποθεμάτων	18
2.2 Συστήματα Διαχείρισης Αποθεμάτων.....	20
2.2.1 Σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας.....	20
2.2.2 Σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας.....	21
2.2.3 Σύστημα οικονομικής ποσότητας παραγγελίας.....	22
2.2.4 Σύστημα JIT.....	24
2.2.5 Μεικτό Σύστημα Επιλεκτικής Αναπλήρωσης	25
2.2 ABC Analysis	25
3.Πληροφοριακά Συστήματα Διαχείρισης Αποθεμάτων	28
3.1 BOM - Bill of Materials (Κατάλογος Υλικών)	30
3.2 Συστήματα προγραμματισμού απαιτούμενων υλικών MRP	31
3.3 Προγραμματισμός επιχειρησιακών πόρων ERP.....	34
4. Μέθοδοι Προβλέψεων Ζήτησης	35
4.1 Είδη προβλέψεων	35
4.2 Κυριότερες Στατιστικές Μέθοδοι Πρόβλεψης.....	36
4.3 Η χρήση της γλώσσας προγραμματισμού R στην πρόβλεψη της ζήτησης.....	43

5. Παράδειγμα Διαχείρισης Αποθεμάτων Α'υλών σύμφωνα με τις προβλέψεις ζήτησης τελικών προϊόντων σε βιομηχανία τροφίμων	46
5.1 Χρήση της R για την πρόβλεψη της ζήτησης.....	48
Συμπεράσματα και προεκτάσεις.....	61
Βιβλιογραφία	63

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1. Σύστημα Σταθερής Ποσότητας παραγγελίας (Πηγή Albright, S. C., Winston, W. L. (2011) Practical Management Science. 4th edition, USA: Cengage Learning).....	21
Εικόνα 2. Σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας -Πηγή Συστήματα Αποθεμάτων Δημ. Εμίρης Αναπλ. Καθηγητής Πειραιάς, 2012	22
Εικόνα 3. Σύστημα οικονομικής ποσότητας παραγγελίας -Πηγή Συστήματα Αποθεμάτων Δημ. Εμίρης Αναπλ. Καθηγητής Πειραιάς, 2012	24
Εικόνα 4. ABC Analysis Πηγή: https://www.exactsoftware.com	26
Εικόνα 5. Η εξέλιξη των πληροφοριακών συστημάτων. Πηγή https://resourcehub.wpengine.com/	30
Εικόνα 6. Το MRP σύστημα. Πηγή :Διοίκηση Εκμετάλλευσης, Shim, Siegel.....	33
Εικόνα 7. Το περιβάλλον του R Studio	44
Εικόνα 8. Ημερήσιες Πωλήσεις Κωδικού 1	49
Εικόνα 9. Ημερήσιες Πωλήσεις Κωδικού 3	49
Εικόνα 10. Κατηγοριοποίηση Ζήτησης κατά Syntentos & Boylan	50

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1. ABX-XYZ Ανάλυση.....	28
Πίνακας 2. Παραδείγμα Αποσύνθεσης σε demands& intervals (Croston)	42
Πίνακας 3. Lead time Προμηθευτών	47
Πίνακας 4. Αρχικά Δεδομένα (δείγμα)	48
Πίνακας 5. Κατηγοριοποίηση της Ζήτησης των Δεδομένων.....	51
Πίνακας 6. Out-of-sample & sMAPE για τους ενδεικτικούς κωδικούς.	52
Πίνακας 7. Δεδομένα Αποθέματος & Ζήτησης (Croston)	53
Πίνακας 8. MOQ Παραγωγής	54
Πίνακας 9. BOM κωδικού 3.....	54
Πίνακας 10. BOM κωδικού 15.....	54
Πίνακας 11. BOM κωδικού 17.....	55
Πίνακας 12. BOM κωδικού 18.....	55
Πίνακας 13. Ανάγκες Υλικών Συσκευασίας και Πρώτων Υλών κωδικών 3 & 15	55
Πίνακας 14. Ανάγκες Υλικών Συσκευασίας και Πρώτων Υλών κωδικών 17&18.....	56
Πίνακας 15. Τελικές Παραγγελίες.....	56
Πίνακας 16. Out-of-sample κωδικών για το διάστημα προσομοίωσης.....	57
Πίνακας 17. SMape για SES, ADIDA & Croston	58
Πίνακας 18. Δεδομένα Αποθέματος & Ζήτησης (SES)	58
Πίνακας 19. Δεδομένα Αποθέματος & Ζήτησης (ADIDA)	59

1.Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο της εργασίας

Στη σύγχρονη εποχή η σημασία των προβλέψεων για τις επιχειρήσεις είναι καθοριστική. Στην εποχή των Big Data η αξιοποίηση και επεξεργασία των δεδομένων δίνει σημαντικό πλεονέκτημα στις επιχειρήσεις. Οι εργαζόμενοι θα πρέπει να είναι σε θέση να επεξεργάζονται τα δεδομένα καθώς και να λαμβάνουν αποφάσεις μέσω αυτών. Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής είναι ο καθορισμός των εννοιών που σχετίζονται με την πρόβλεψη της ζήτησης και την διαχείριση των αποθεμάτων καθώς και η εκτέλεση μίας μελέτης περίπτωσης όπου υπολογίζεται η ζήτηση μία κατηγορίας προϊόντων σε μία βιομηχανία τροφίμων και γίνεται και ο προγραμματισμός των απαιτούμενων υλικών.

Η εργασία απαρτίζεται από 5 κεφάλαια. Στο 1ο κεφάλαιο γίνεται μία περιγραφή των όρων που σχετίζονται με τα αποθέματα καθώς και οι συνέπειες της κακής διαχείρισής τους αλλά και τους λόγους διατήρησης των αποθεμάτων. Στο 2ο κεφάλαιο αναλύονται τα συστήματα της διαχείρισης των αποθεμάτων και η σημασία της ανάλυσης ABC και ABC-XYZ. Στο 3ο κεφάλαιο περιγράφεται η σημασία των συστημάτων προγραμματισμού απαιτούμενων υλικών αλλά και του προγραμματισμού απαιτούμενων πόρων. Στο 4ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βασικοί μέθοδοι προβλέψεων και στο 5ο κεφάλαιο αναλύεται η μελέτη περίπτωσης.

1.2 Η σημασία του σωστού ύψους αποθέματος

Η διαχείριση των αποθεμάτων αποτελεί μία σημαντική διαδικασία για κάθε επιχείρηση. Η σύγχρονη εποχή χαρακτηρίζεται από έντονες κοινωνικές και οικονομικές αλλαγές. Η επιχειρηματική μονάδα θα πρέπει να μπορεί να προβλέψει και να είναι έτοιμη να αντιμετωπίσει μία τέτοια περίπτωση με το λιγότερο δυνατό κόστος για την ίδια. Ως αποθέματα ορίζονται όλα τα στοιχεία τα οποία είτε θα χρησιμοποιούν στη παραγωγική διαδικασία είτε αφορούν έτοιμα προϊόντα τα οποία θα πωληθούν μελλοντικά.

Το σωστό ύψος του αποθέματος είναι πολύ σημαντικό στην αποτελεσματική λειτουργία της επιχείρησης καθώς θα πρέπει αφενός να υπάρχουν αρκετά υλικά ώστε να μπορέσει η εταιρία να ανταποκριθεί σε μία ξαφνική μεταβολή π.χ. αύξηση της ζήτησης και αφετέρου να μην υπάρξουν υπεραποθέματα τα οποία θα οδηγήσουν σε αύξηση του κόστους καθώς υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να υπάρξουν απαξιωμένα αποθέματα.

Εφόσον η ζήτηση των προϊόντων δεν είναι γνωστή θα πρέπει να υπάρχει μία χρυσή τομή ανάμεσα στο κόστος έλλειψης αποθεμάτων και στο κόστος πλεονάσματος των αποθεμάτων. Ο σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι να μην υπάρξει διακοπή της παραγωγικής διαδικασίας ή απώλεια πωλήσεων λόγω της έλλειψης Α' υλών και τελικών προϊόντων. Η συνεπής διαχείριση των αποθεμάτων συνδέεται άρρηκτα με την επιτυχή λειτουργία της επιχείρησης. Τα αποθέματα δεσμεύουν ταμειακά διαθέσιμα και πρέπει να κυμαίνονται σε τέτοιο ύψος ώστε ταυτόχρονα να μην επιδρούν αρνητικά στην ρευστότητα της επιχείρησης αλλά και να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της παραγωγικής διαδικασίας με το βέλτιστο δυνατό τρόπο.

Το σωστό ύψος αποθεμάτων αποσκοπεί στο επίπεδο των αποθεμάτων όπου μπορεί να ανταποκριθεί με επιτυχία σε μία απρόσμενη αλλαγή είτε θετική είτε αρνητική. Στη θετική προσέγγιση θα πρέπει να καλυφτούν οι επιπλέον ανάγκες και στην αρνητική να μην υπάρξει κόστος. Τα αποθέματα υπάρχουν για να διασφαλίζουν την συνεχή κάλυψη των αναγκών των πελατών και την συνεχή λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας.

1.3 Σύνδεση των προβλέψεων ζήτησης των τελικών προϊόντων με τα αποθέματα των Α' & Β' υλών

Τα αποθέματα των πρώτων υλών είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τη πρόβλεψη της ζήτησης των τελικών προϊόντων. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες Α' & Β' υλών εκ των οποίων η κάθε μία χρειάζεται και διαφορετική διαχείριση. Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας διαφοροποίησής τους είναι ο χρόνος ζωής. Υπάρχουν πρώτες ύλες με πολύ υψηλό χρόνο ζωής και άλλες με πολύ περιορισμένο. Για αυτό το λόγο οι προβλέψεις των πωλήσεων είναι πολύ σημαντικές στο καθορισμό του επιπέδου ύψους των αποθεμάτων. Τα υλικά με μικρό χρόνο ζωής θα πρέπει να παραγγέλλονται σε βραχυπρόθεσμο ορίζοντα σε αντίθεση με τα υλικά συσκευασίας όπου αν γνωρίζουμε ότι δεν θα υπάρξει κάποια αλλαγή στο κωδικό (πχ αλλαγή εικαστικού ή απόσυρση του κωδικού) μπορεί να τοποθετηθεί μία μεγάλη παραγγελία όπου όμως θα αυξήσει το απόθεμα αλλά θα πετύχει μικρότερα κόστη αγοράς και μεταφοράς.

Ένας ακόμη περιορισμός είναι ο αποθηκευτικός χώρος. Η επιχείρηση μπορεί να έχει δικές της εγκαταστάσεις αποθήκευσης ή συνεργασία με εξωτερική αποθήκη 3PL. Καθώς η αποθήκευση αποθεμάτων συνεπάγεται και κόστος θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ζήτηση των τελικών προϊόντων η οποία σημαίνει και ανάλωση των αποθεμάτων Α&Β υλών ώστε να μην αυξάνονται τα κόστη αποθήκευσης.

Για την αποτελεσματικότερη λειτουργία της επιχείρησης θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη πρόβλεψη των πωλήσεων. Τα δεδομένα αν αναλυθούν μπορούν να οδηγήσουν σε πολύ σημαντικά συμπεράσματα και να βελτιστοποιήσουν τη διαδικασία των παραγγελιών. Με την ανάλυση αυτών των δεδομένων εντοπίζονται στοιχεία όπως η εποχικότητα η οποία θα πρέπει να ληφθεί υπόψη για το σωστό ύψος αποθεμάτων. Επίσης θα παρατηρηθεί η τάση των προϊόντων το οποίο θα καθορίσει σημαντικά το ύψος του αποθέματος των κωδικών που συνδέονται με το τελικό προϊόν.

Οι επιχειρήσεις πλέον έχουν πολλά διαθέσιμα συστήματα αποθήκευσης και ανάλυσης δεδομένων τα οποία αν χρησιμοποιηθούν σωστά θα μπορέσουν να οδηγήσουν σε ασφαλείς προβλέψεις. Αυτό βέβαια προϋποθέτει ότι το εργατικό δυναμικό της επιχείρησης

θα εκπαιδευτεί ώστε να καταλάβει τη χρησιμότητα της αποθήκευσης και ανάλυσης δεδομένων ώστε να συμβάλλει ενεργά στην διαχείρισή τους.

1.4 Περιορισμοί και Προβλήματα στη Διαχείριση των αποθεμάτων

Η διαχείριση των αποθεμάτων αποτελεί μία πολύ δυναμική διαδικασία. Οι περιορισμοί που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι πολλοί και αναφορικά οι περισσότεροι σημαντικοί.

- Χρόνος Ζωής
Στα αποθέματα όπου έχουν μικρό χρόνο ζωής οι παραγγελίες πρέπει να γίνονται συνετά καθώς σε περίπτωση υπεραποθέματος είναι πολύ μεγάλος ο κίνδυνος για κόστη απαξίωσης.
- Χρόνος παράδοσης του προμηθευτή
Είναι εύκολα αντιληπτό ότι οι προμηθευτές με μεγάλο χρόνο παράδοσης των προϊόντων τους θέλουν ιδιαίτερη προσοχή στην τοποθέτηση των παραγγελιών. Σε αυτή τη περίπτωση ο κίνδυνος έλλειψης είναι μεγάλος.
- Ελάχιστη Ποσότητα Παραγγελίας (Προμηθευτή).
Σε κάθε παραγγελία θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το ΜΟQ του προμηθευτή δηλαδή, την ελάχιστη παραγγελία που μπορεί να δεχτεί.
- Αποθηκευτική Δυνατότητα
Σε περίπτωση ιδιόκτητων εγκαταστάσεων θα πρέπει τα αποθέματα να μην ξεπεράσουν την αποθηκευτική δυνατότητα της εταιρίας ενώ σε περίπτωση 3PL δε θα πρέπει να προκληθούν επιπλέον κόστη λόγω υπεραποθήκευσης.
- Κόστη απόκτησης αποθεμάτων
Τα αποθέματα θα πρέπει να παραγγέλλονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην επηρεάζεται αρνητικά η ρευστότητα της επιχείρησης.

Όλοι οι παραπάνω παράγοντες θα πρέπει να λαμβάνονται σημαντικά υπόψη πριν την τοποθέτηση κάποιας παραγγελίας. Η παράβλεψη τους θα μπορούσε να οδηγήσει είτε σε επιπλέον κόστη είτε σε αδυναμία έγκαιρης παράδοσης.

1.5 Συνέπειες της κακής διαχείρισης αποθεμάτων

Οι συνέπειες της κακής διαχείρισης των αποθεμάτων είναι πολλές και επηρεάζουν άμεσα πολλά τμήματα της επιχείρησης. Παρακάτω παρουσιάζονται οι πιο σημαντικές δαπάνες που συνδέονται με την διαχείριση των αποθεμάτων

- **Κόστος παραγγελίας:** Σε κάθε παραγγελία απαιτείται μία σειρά συναλλαγών η οποία επιφέρει και κάποια έξοδα για την επιχείρηση. Τα έξοδα αυτά αφορούν κυρίως διοικητικές εργασίες.
- **Κόστος έκπτωσης τιμών:** Οι προμηθευτές συνήθως παρέχουν μία έκπτωση σε μεγάλες παραγγελίες. Αντίστοιχα οι τιμές μπορεί να είναι αυξημένες για μικρές παραγγελίες.
- **Κόστος απαξίωσης:** Αυξημένο απόθεμα σε προϊόντα τα οποία δεν θα χρησιμοποιηθούν και μελλοντικά θα απαξιωθούν. Ως αποτέλεσμα θα προκύψει το κόστος της καταστροφής αυτών.
- **Κόστος έλλειψης αποθεμάτων:** Η κακή διαχείριση των παραγγελιών είναι πολύ πιθανό να οδηγήσει σε έλλειψη αποθεμάτων τα οποία είναι απαραίτητα στη παραγωγική διαδικασία. Κατά συνέπεια δεν θα μπορέσουν να εξυπηρετηθούν οι πελάτες της επιχείρησης.
- **Κόστος αποθήκευσης:** Το διαχειριστικό κόστος αυξάνεται όταν το ύψος των αποθεμάτων είναι πολύ υψηλό. Πρόκειται για τα έξοδα που σχετίζονται με την φυσική αποθήκευση, Αυτά μπορεί να είναι το ενοίκιο, η ασφάλεια, φωτισμός κτλ.

Μία πολύ σημαντική επίσης συνέπεια είναι η απώλεια κερδών καθώς και η ζημιά που μπορεί να προκληθεί στη φήμη της εταιρίας. Όταν μια επιχείρηση δε μπορεί να ανταποκριθεί στις ανάγκες ενός πελάτη, αυτός θα στραφεί σε ανταγωνιστή.

1.6 Λόγοι Διατήρησης Αποθεμάτων

Οι λόγοι της διατήρησης των αποθεμάτων είναι πολλοί και αποσκοπούν στην αποτελεσματική λειτουργία της επιχείρησης. Αρχικά, η βασικότερη αιτία διατήρησης αποθέματος είναι η αβεβαιότητα του περιβάλλοντος της εταιρίας. Πολλά θα μπορούσαν να ενταχθούν σε αυτή τη κατηγορία όπως οι καιρικές συνθήκες και οι οικονομικές διαταραχές που οδηγούν σε αυξομειώσεις της ζήτησης. Οι προβλέψεις περιέχουν πάντα ένα ποσοστό αβεβαιότητας. Ο στόχος είναι αξιοποιώντας τα δεδομένα του παρελθόντος να μπορέσουμε να προβλέψουμε με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα μελλοντικά δεδομένα. Φυσικά αυτό δεν μπορεί να ισχύσει πλήρως καθώς πάντα θα υπάρχουν συνθήκες οι οποίες δε θα μπορούν να προβλεφθούν. Η σύγχρονη εποχή χαρακτηρίζεται από έντονες οικονομικές αλλαγές οι οποίες επηρεάζουν το περιβάλλον των επιχειρήσεων. Ένα έγκαιρο παράδειγμα είναι η εκτόξευση των τιμών της ενέργειας όπου κατά συνέπεια οδήγησε σε αύξηση των τιμών των τελικών προϊόντων.

Επιπρόσθετα, η επιχείρηση μπορεί να επιδιώκει οικονομίες κλίμακας το οποίο σημαίνει ότι θα παράξει προϊόντα τα οποία δεν θα πωληθούν αλλά θα αποθηκευτούν ώστε να μειώσει το κόστος παραγωγής. Σε αυτή τη περίπτωση η εταιρία μπορεί να διαπραγματευτεί καλύτερες τιμές από τους προμηθευτές της και κατά συνέπεια να μειώσει το κόστος της. Οφέλη παρατηρούνται και στο πρακτικό κομμάτι της παραγωγικής διαδικασίας καθώς μειώνονται οι απώλειες από τις μηχανές παραγωγής.

Επιπλέον, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η στρατηγική της επιχείρησης προς τους ανταγωνιστές της. Για να είναι βέβαιη η επιχείρηση ότι δεν θα βρεθεί στο σημείο να μην μπορεί να ικανοποιήσει τις ανάγκες των πελατών της θα πρέπει να κρατά απόθεμα. Αυτό το απόθεμα μπορεί να είναι σε έτοιμα προϊόντα ή σε ημικατεργασμένα ή ακόμη και στις πρώτες ύλες που απαιτούνται για την παραγωγή των κωδικών.

Η διαθεσιμότητα των αποθεμάτων είναι απαραίτητη για την ασφαλή και συνεχή λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας. Θα πρέπει σε κάθε περίπτωση όμως να λαμβάνεται υπόψη και η αντίθετη εικόνα, δηλαδή η υπεραποθεματοποίηση και να επιτυγχάνεται η ισορροπία ανάμεσα σε αυτές τις δύο καταστάσεις.

2. Διαχείριση Αποθεμάτων

2.1 Κατηγορίες Αποθεμάτων

Σύμφωνα με την αιτία δημιουργίας και διαχείρισής τους τα αποθέματα διακρίνονται στις εξής κατηγορίες.

Κυκλικό Απόθεμα (Cycle inventory)

Απόθεμα Ασφαλείας (Safety Stock Inventory)

Απόθεμα Αναμονής (Anticipation Inventory)

Απόθεμα σε Κίνηση (Pipeline Inventory)

Το κυκλικό απόθεμα αφορά το μέρος των αποθεμάτων τα οποία έχουν δημιουργηθεί για να καλύψουν τις άμεσες και πραγματικές ανάγκες της επιχείρησης. Αυτό συνεπάγεται ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος μεταξύ δύο παραγγελιών τόσο υψηλότερο θα είναι και το κυκλικό απόθεμα. Φυσικά αυτό εξαρτάται από την πολιτική διαχείρισης αποθεμάτων της επιχείρησης καθώς και από το service level που έχει για τους πελάτες της. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι επιχειρήσεις προτιμούν να παράγουν με το βέλτιστο οικονομικό τρόπο τα προϊόντα τους. Αυτό σημαίνει ότι έχει οριστεί και από την ίδια την εταιρία ο ελάχιστος όγκος που είναι οικονομικά αποτελεσματικότερος (MOQ παραγωγής). Η επιχείρηση αποθηκεύει αυτά τα προϊόντα και τα διανέμει στους πελάτες της σε πολλές περιπτώσεις σε μεταγενέστερο χρόνο, στις ημερομηνίες όπου έχουν ζητηθεί.

Το απόθεμα ασφαλείας αφορά το απόθεμα όπου κρατείται από την επιχείρηση ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί στις ανάγκες της ακόμα και σε κάποια έκτακτη περίπτωση. Το

απόθεμα ασφαλείας είναι πολύ σημαντικό ειδικά στις περιπτώσεις όπου τα προϊόντα έχουν πολύ μεγάλο lead time(χρόνος παραγωγής + χρόνος παράδοσης), το οποίο σημαίνει ότι δεν είναι εφικτή η άμεση αντιμετώπιση μίας έκτακτης παραγγελίας. Όσο καλές προβλέψεις (demand forecasting) και να πραγματοποιεί η κάθε επιχείρηση οι παράγοντες που επηρεάζουν την ζήτηση είναι πάρα πολλοί και φυσικά δεν μπορούν να προβλεφθούν πλήρως. Ενδεικτικά το απόθεμα ασφαλείας μπορεί να υπολογισθεί ως εξής:

Απόθεμα Ασφαλείας = Επίπεδο αναπαραγγελίας– Μέση Ζήτηση κατά το Χρόνο L

Το απόθεμα αναμονής δημιουργείται για να απορροφήσει την ανόμοια ζήτηση των προϊόντων σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Αυτό σημαίνει ότι σε περίπτωση μεγάλης ζήτησης η επιχείρηση θα μπορεί να χρησιμοποιήσει και αυτό το απόθεμα χωρίς να χρειάζεται να κάνει αλλαγές στο πρόγραμμα παραγωγής.

Τέλος το απόθεμα σε κίνηση αφορά το μέρος των αποθεμάτων όπου έχουν παραγγελθεί αλλά δεν έχει ολοκληρωθεί η παράδοσή τους.

Μια ακόμα κατηγοριοποίηση των αποθεμάτων μπορεί να γίνει μέσω του σκοπού που εξυπηρετούν. Έχουμε δηλαδή τα εξής

- Εμπορεύματα, πρόκειται για αγαθά τα οποία αγοράζονται και θα πωληθούν χωρίς να γίνει κάποια επεξεργασία τους.
- Έτοιμα προϊόντα, είναι αγαθά τα οποία έχουν παραχθεί από την επιχείρηση με σκοπό τη πώληση.
- Πρώτες και βοηθητικές ύλες, είναι τα αγαθά που είναι απαραίτητα για την παραγωγική διαδικασία.
- Υλικά συσκευασίας, είναι τα υλικά που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία των ετοιμών προϊόντων.
- Αναλώσιμα υλικά, είναι τα αγαθά που δεν χρησιμοποιούνται άμεσα στη παραγωγική διαδικασία αλλά είναι απαραίτητα για την λειτουργία της επιχείρησης.
- Ανταλλακτικά παγίων στοιχείων.
- Υποπροϊόντα, τα οποία προκύπτουν από την παραγωγική διαδικασία και δεν τα χρησιμοποιεί η επιχείρηση στα τελικά της προϊόντα.

2.2 Συστήματα Διαχείρισης Αποθεμάτων

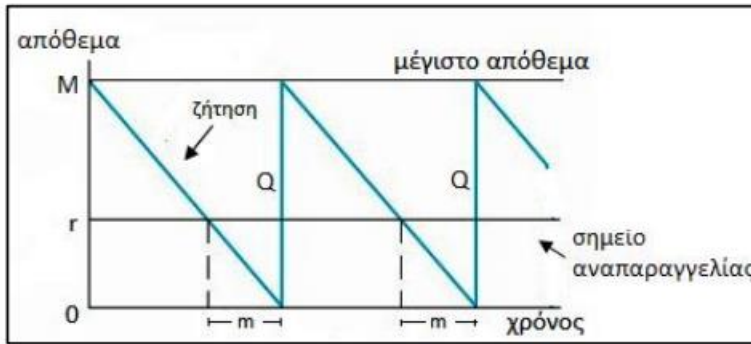
Τα συστήματα διαχείρισης των αποθεμάτων καθορίζουν κάθε πότε θα γίνεται μία παραγγελία καθώς και το μέγεθος αυτής της παραγγελίας. Διακρίνονται 4 βασικά συστήματα παραγγελιών:

1. Σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας
2. Σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας
3. Σύστημα οικονομικής ποσότητας παραγγελίας
4. Σύστημα JIT
5. Μεικτό σύστημα επιλεκτικής αναπλήρωσης

Κάθε ένα από τα παραπάνω συστήματα έχει διαφορετικό ρίσκο και φυσικά διαφορετικά κόστη. Πολύ σημαντικό ρόλο στην απόφαση εφαρμογής κάποιου από τα παραπάνω συστήματα έχει η δυναμικότητα της αποθήκης η οποία περιλαμβάνει κυρίως τον διαθέσιμο χώρο αποθήκευσης και το διαθέσιμο εργατικό δυναμικό. Πολλά προϊόντα έχουν πολύ μεγάλη ευαισθησία στην αποθήκευση (πχ προϊόντα που χρειάζονται ψύξη), το οποίο σημαίνει ότι αν δεν τοποθετηθούν οι παραγγελίες με συνετό τρόπο θα υπάρξουν επιπλέον κόστη, είτε λόγω καταστροφής τους είτε λόγω μίσθωσης κάποιας 3PL.

2.2.1 Σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας

Το σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας ονομάζεται και διαφορετικά σύστημα συνεχούς παρακολούθησης αποθέματος. Η ποσότητα παραγγελίας που τοποθετείται είναι σταθερή (Q) και αυτό συμβαίνει όταν το απόθεμα έχει αναλωθεί και φτάσει σε επίπεδο ασφαλείας r όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 1. Σύστημα Σταθερής Ποσότητας παραγγελίας (Πηγή Albright, S. C., Winston, W. L. (2011) Practical Management Science. 4th edition, USA: Cengage Learning)

Οι παραδοχές πάνω στις οποίες βασίζεται αυτό το σύστημα είναι οι εξής:

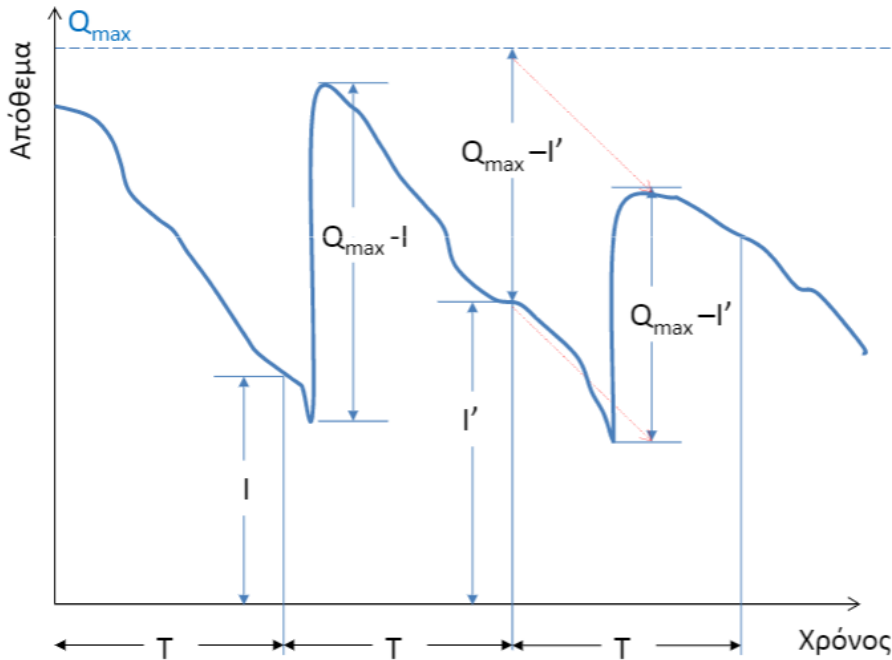
- Η ζήτηση του προϊόντος είναι σταθερή σε όλη τη διάρκεια της περιόδου.
- Το lead time του προμηθευτή είναι σταθερό και αμετάβλητο.
- Το μοναδιαίο κόστος διατήρησης του αποθέματος είναι σταθερό.
- Το κόστος διαχείρισης της παραγγελίας είναι σταθερό.

Η λογική πίσω από αυτό το μοντέλο είναι ότι υπάρχει το μέγιστο απόθεμα που επιθυμεί η επιχείρηση και όταν το απόθεμα αυτό αναλωθεί έως το επιθυμητό επίπεδο γίνεται παραγγελία και αναπληρώνεται το απόθεμα φτάνοντας ξανά στο επιθυμητό. Αυτό προϋποθέτει ότι θα γίνονται συνεχείς απογραφές ώστε να αποτυπώνεται η σωστή εικόνα του αποθέματος.

2.2.2 Σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας

Το σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας ονομάζεται και σύστημα περιοδικής παρακολούθησης αποθέματος. Σε αυτό το σύστημα τοποθετείται νέα παραγγελία σε καθορισμένο χρόνο, στο τέλος μιας περιόδου. Σε αυτή τη περίπτωση δεν είναι σταθερή η ποσότητα παραγγελίας αλλά τοποθετείται ανά σταθερά διαστήματα. Αυτό συνεπάγεται ότι δεν χρειάζονται συνεχείς απογραφές του αποθέματος καθώς η στάθμη των αποθεμάτων μπορεί να ελέγχεται μία φορά πριν την τοποθέτηση της παραγγελίας.

Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα έχουμε σταθερές περιόδους παραγγελίας T και παραγγέλλεται η ποσότητα $Q_{\max} - I$, όπου I είναι το τρέχων απόθεμα.



Εικόνα 2. Σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας -Πηγή Συστήματα Αποθεμάτων Δημ. Εμίρης Αναπλ. Καθηγητής Πειραιάς, 2012

2.2.3 Σύστημα οικονομικής ποσότητας παραγγελίας

Το σύστημα της οικονομικής ποσότητας παραγγελίας αναδεικνύει το οικονομικά βέλτιστο επίπεδο αποθέματος που πρέπει να παραγγελθεί καθώς και τη χρονική περίοδο που πρέπει να γίνει οι παραγγελία. Οι βασικές παραδοχές του συστήματος της οικονομικής ποσότητας παραγγελίας είναι οι εξής:

- Η ζήτηση του προϊόντος είναι σταθερή σε όλη τη διάρκεια της περιόδου.
- Το lead time του προμηθευτή είναι σταθερό και αμετάβλητο.

- Η παράδοση των προϊόντων γίνεται συνολικά ,δηλαδή δεν υπάρχει τμηματική παράδοση
- Το κόστος αγοράς των προϊόντων είναι σταθερό.
- Το μοναδιαίο κόστος διατήρησης του αποθέματος είναι σταθερό.

Παρακάτω οι μαθηματικοί τύποι που οδηγούν στον υπολογισμό της οικονομικής ποσότητας παραγγελίας.

p : Μοναδιαίο κόστος αγοράς του προϊόντος

R :Ετήσια ζήτηση του προϊόντος

Q : Ποσότητα παραγγελίας

Ch : Κόστος διατήρησης αποθέματος μίας μονάδας για ένα έτος

Cp : Κόστος διαχείρισης μίας παραγγελίας (σταθερό)

Q_{opt} : Η βέλτιστη οικονομική ποσότητα παραγγελίας

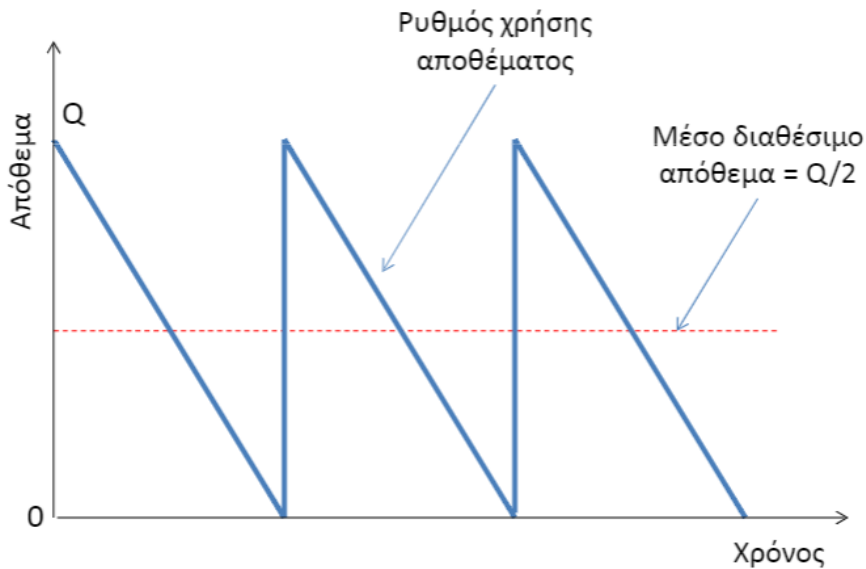
Το συνολικό κόστος αποθέματος και η οικονομική ποσότητα παραγγελίας ορίζονται ως εξής:

$$C = pR + (Q/2) Ch + (R/Q) Cp$$

$$Q_{opt} = \sqrt{((2Cp) * R) / Ch}$$

Το πότε θα πρέπει να γίνει η τοποθέτηση της οικονομικής ποσότητας παραγγελίας απαντάται από τον παρακάτω τύπο.

$$T = \sqrt{2Cp / Ch * R}$$



Εικόνα 3. Σύστημα οικονομικής ποσότητας παραγγελίας -Πηγή Συστήματα Αποθεμάτων Δημ. Εμίρης Αναπλ. Καθηγητής Πειραιάς, 2012

2.2.4 Σύστημα JIT

Το σύστημα JIT (Just in Time) ή όπως θα μπορούσαμε να μεταφράσουμε στα ελληνικά ‘της τελευταίας στιγμής’ αφορά ακριβώς αυτό που δηλώνει το όνομά του. Στο σύστημα αυτό οι παραγγελίες γίνονται ακριβώς τη στιγμή που χρειάζονται τα προϊόντα και στη ποσότητα που απαιτείται. Τα προϊόντα που θα παραγγελθούν θα χρησιμοποιηθούν άμεσα και η επιχείρηση δεν κρατάει αποθέματα .

Αυτό το σύστημα φυσικά έχει πολύ υψηλό ρίσκο. Για να μπορέσει να εφαρμοστεί και να είναι αποτελεσματικό θα πρέπει αφενός το τμήμα προμηθειών της επιχείρησης να είναι πολύ καλά εκπαιδευμένο και αφετέρου να υπάρχει το κατάλληλο σύστημα υποστήριξης και παρακολούθησης της ζήτησης. Επίσης θα πρέπει να έχουν επιτευχτεί πολύ καλές σχέσεις με τους προμηθευτές ώστε να μπορούν να παραδίδουν πάντα έγκαιρα. Καθώς δεν υπάρχουν αποθέματα ασφαλείας η οποιαδήποτε αύξηση ή μείωση της ζήτησης θα έχει άμεσα αντίκτυπο στον προμηθευτή. Το αποτέλεσμα θα είναι ότι ένας μη ευέλικτος προμηθευτής δεν θα μπορεί να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις της επιχείρησης.

Ένα ακόμη κομβικό σημείο είναι η αξιοποίηση της πληροφορίας από την επιχείρηση. Η όποια αλλαγή που υπάρχει θα πρέπει να μεταδίδεται άμεσα σε όλα τα εμπλεκόμενα μέρη. Αυτό προϋποθέτει ότι η επιχείρηση που θέλει να εφαρμόσει αυτό το σύστημα είναι και η ίδια ευέλικτη και δεν υπάρχει γραφειοκρατία.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι πολλά με πιο σημαντικό το πολύ χαμηλό κόστος διατήρησης αποθεμάτων καθώς και του κόστους αποθήκευσης. Επιπλέον η δυνατότητα της επιχείρησης να ανταποκρίνεται στις ανάγκες των πελατών της βελτιώνεται καθώς είναι πολύ πιο εύκολη η προμήθεια των πρώτων και βοηθητικών υλών με αποτέλεσμα να είναι πιο ευέλικτο το πρόγραμμα παραγωγής.

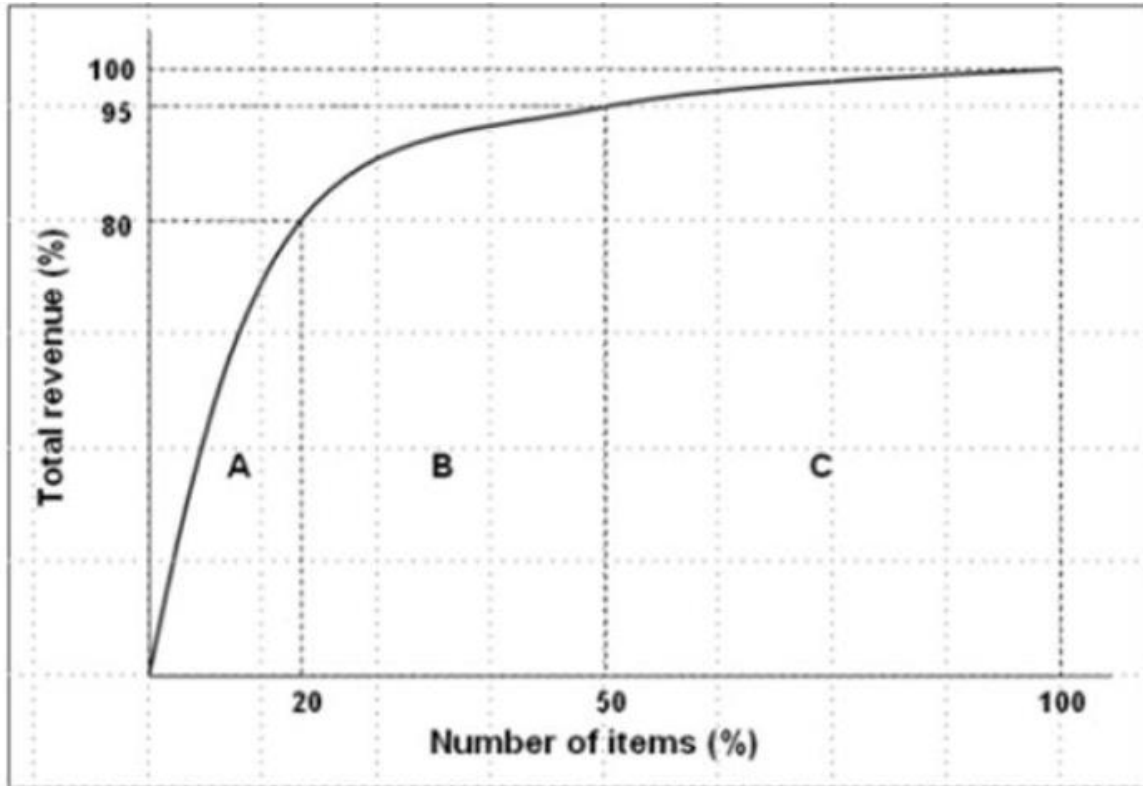
2.2.5 Μεικτό Σύστημα Επιλεκτικής Αναπλήρωσης

Το σύστημα αυτό είναι ένας συνδυασμός του συστήματος σταθερής ποσότητας παραγγελίας και του συστήματος σταθερής περιόδου παραγγελίας. Σε αυτή τη περίπτωση τα επίπεδα των αποθεμάτων ελέγχονται συχνά και τοποθετείται παραγγελία σε τέτοιο επίπεδο ώστε να αναπληρώσει την ποσότητα που έχει ήδη αναλωθεί και να αναπληρωθεί ξανά το απόθεμα ασφαλείας. Το σύστημα αυτό οδηγεί σε υψηλά επίπεδα αποθεμάτων αλλά παράλληλα παρέχει ασφάλεια ότι σε οποιαδήποτε διακύμανση ή κρίση θα υπάρχουν τα αποθέματα ώστε να μπορεί η επιχείρηση να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις των πελατών της. Φυσικά σε αυτή τη περίπτωση θα πρέπει να υπάρχει μία πολύ καλά οργανωμένη αποθήκη η οποία να μπορεί να εφαρμόζει FIFO και να διατηρεί ασφαλείς συνθήκες αποθήκευσης.

2.2 ABC Analysis

Η ABC ανάλυση χρησιμοποιείται για την κατηγοριοποίηση των αγορών, προμηθευτών και αποθεμάτων βάση της σημαντικότητας που έχουν στην λειτουργία-επιτυχία της επιχείρησης. Γίνεται εφαρμογή της αρχής Pareto όπου δηλώνει ότι το 80% των επιπτώσεων προέρχεται από το 20% των αιτιών.

Στην οργάνωση των αποθεμάτων η ABC ανάλυση κατέχει ένα πολύ σημαντικό ρόλο. Τα αποθέματα κατηγοριοποιούνται σε 3 κατηγορίες A, B, C με τα πιο σημαντικά για την επιχείρηση να βρίσκονται στη κατηγορία A. Παρακάτω παρουσιάζεται το σχετικό γράφημα.



Εικόνα 4. ABC Analysis Πηγή: <https://www.exactsoftware.com>

Στα στοιχεία τύπου A μπορούν να συμπεριληφθούν όλοι οι κωδικοί όπου φέρνουν το μεγαλύτερο κέρδος στην επιχείρηση. Πρόκειται είτε για ταχικίνητα προϊόντα όπου παράγουν και υψηλό όγκο πωλήσεων είτε για προϊόντα που έχουν πολύ μεγάλη αξία. Κατά συνέπεια θα πρέπει να διασφαλίζεται ότι υπάρχει το απαραίτητο απόθεμα και φυσικά με τον ίδιο τρόπο θα πρέπει να διασφαλίζεται ότι υπάρχουν όλες οι πρώτες και βοηθητικές ύλες που είναι απαραίτητες για την παραγωγή τους. Σε αυτά τα προϊόντα το απόθεμα ασφαλείας είναι σημαντικά υψηλότερο από τα υπόλοιπα.

Σε επίπεδο πρώτων υλών οι κωδικοί κατηγορίας A έχουν συνήθως μικρό χρόνο παράδοσης από τους προμηθευτές καθώς επίσης μπορεί να υπάρχουν και εναλλακτικοί προμηθευτές.

Σημαντικός είναι επίσης και ο τρόπος αποθήκευσης αυτών των προϊόντων καθώς θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία ώστε να μην υπάρξει κάποια αλλοίωση αυτών.

Τα στοιχεία τύπου C περιλαμβάνουν τους κωδικούς όπου δεν έχουν ιδιαίτερη σημασία και το κέρδος από την πώλησή τους είναι μικρό για την επιχείρηση. Σε επίπεδο πρώτων και βοηθητικών υλών σε αυτή τη κατηγορία περιλαμβάνονται κωδικοί με πολύ χαμηλό κόστος που συνήθως παραγγέλλονται σε πολύ μεγάλες ποσότητες κυρίως λόγω υψηλού ΜΟQ (Minimum Order Quantity-Ελάχιστη Ποσότητα Παραγγελίας) του προμηθευτή. Ένα εύκολο παράδειγμα τέτοιων κωδικών είναι οι ετικέτες χαρτοκιβωτίων ή παλετών.

Στα στοιχεία τύπου B περιλαμβάνονται όλα τα αποθέματα μεταξύ της κατηγορίας A και C. Πρόκειται για αγαθά τα οποία προσδίδουν κέρδος για την επιχείρηση χωρίς αυτό να είναι ιδιαίτερα υψηλό.

Μία παραλλαγή της ABC ανάλυση είναι η ABC-XYZ ανάλυση. Στην ανάλυση ABC-XYZ προστίθεται και η δυνατότητα πρόβλεψης της ζήτησης των κωδικών. Οι κωδικοί όπου μπορούν να γίνουν έγκυρες και έγκαιρες προβλέψεις τοποθετούνται στη κατηγορία X και ακολουθούν οι κωδικοί Y και Z αντίστοιχα. Με αυτό το τρόπο δίνεται η δυνατότητα να εντοπιστούν οι κωδικοί που έχουν υψηλή σημασία για την επιχείρηση αλλά και ταυτόχρονα είναι δύσκολο να προβλεφθεί η ζήτησή τους. Στον παρακάτω πίνακα γίνεται πλήρως κατανοητός αυτός ο διαχωρισμός

Πίνακας 1. ABX-XYZ Ανάλυση

	X (Εύκολη Πρόβλεψη)	Y (Καλή Δυνατότητα Πρόβλεψης)	Z (Δύσκολο να προβλεφθεί σωστά)
A (Υψηλής Σημαντικότητας Κωδικοί)	AX	AY	AZ (ρίσκο)
B (Μεσαίας Σημαντικότητας Κωδικοί)	BX	BY	BZ
C (Χαμηλής Σημαντικότητας Κωδικοί)	CX	CY	CZ

Με αυτή την ανάλυση μπορούμε να εντοπίσουμε όχι μόνο την σημαντικότητα των κωδικών αλλά και το πόσο εύκολη είναι η πρόβλεψη και η κτήση τους. Φαίνεται ότι η κατηγορία με το μεγαλύτερο ρίσκο είναι η AZ καθώς έχουμε πολύ σημαντικούς κωδικούς με δύσκολη δυνατότητα πρόβλεψης. Αντίστοιχα το χαμηλότερο ρίσκο το συναντάμε στη κατηγορία CX όπου έχουμε χαμηλής σημαντικότητας κωδικούς με εύκολη δυνατότητα πρόβλεψης.

3. Πληροφοριακά Συστήματα Διαχείρισης Αποθεμάτων

Το πληροφοριακό σύστημα αναφέρεται στο σύνολο των διαδικασιών όπου συλλέγουν, ανακτούν, επεξεργάζονται και αναλύουν πληροφορίες. Υποστηρίζουν το προσωπικό της εταιρίας και την διοίκηση στις καθημερινές τους εργασίες και στον έλεγχο της εργασίας τους. Η ανάγκη για την δημιουργία πληροφοριακών συστημάτων προέκυψε λόγω του μεγάλου όγκου πληροφοριών που πρέπει να επεξεργαστεί καθημερινά μία επιχείρηση. Είναι γεγονός ότι όσο περισσότερο εξοικειωμένη είναι μία εταιρεία και το προσωπικό της στη χρήση των πληροφοριακών συστημάτων τόσο περισσότερο ανταγωνιστική είναι. Ο

στόχος των πληροφοριακών συστημάτων είναι η εύρυθμη συνεργασία μεταξύ όλων των τμημάτων καθώς και η σωστή μεταβίβαση της πληροφορίας μεταξύ αυτών.

Τα πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης των αποθεμάτων είναι αυτά που αφορούν την αποθήκευση και επεξεργασία όλων των δεδομένων που σχετίζονται με τον έλεγχο των αποθεμάτων και την διαχείριση των δεδομένων της αποθήκης. Αυτά τα πληροφοριακά συστήματα βοηθούν στον καθορισμό του μεγέθους των παραγγελιών, στην απογραφή, στις διαδικασίες αποστολής-παραλαβής προϊόντων και στον καταμερισμό των εργασιών της αποθήκης. Τα πρώτα τέτοια συστήματα ήταν τα συστήματα MRP (Materials Requirements Planning-Προγραμματισμός Απαιτούμενων Υλικών). Τα συστήματα MRP I έχουν καθοριστικό ρόλο στη διαχείριση των αποθεμάτων. Μέσω αυτών υπολογίζονται οι ανάγκες υλικών για τις μελλοντικές παραγωγές και αντίστοιχα προγραμματίζονται οι παραγγελίες των υλικών. Ο τρόπος με τον οποίο υπολογίζονται οι ανάγκες των υλικών είναι ότι για κάθε προϊόν που θέλει η επιχείρηση να παράξει καταχωρείται στο πληροφοριακό σύστημα το BOM (Bill of Materials). Το BOM είναι μία λίστα όπου αναγράφονται όλοι οι κωδικοί που χρειάζονται για την παραγωγή ενός τελικού προϊόντος.

Στην συνέχεια όταν προστέθηκαν κάποιες επιπλέον δυνατότητες στα συστήματα MRP I με κύρια την δυνατότητα προγραμματισμού με βάση την δυναμικότητα των μηχανών παραγωγής και έτσι δημιουργήθηκαν τα συστήματα MRP II. Πλέον έχουμε τα συστήματα ERP όπου είναι μία ολοκληρωμένη λύση για τις επιχειρήσεις και δεν περιλαμβάνουν μόνο τα συστήματα MRP αλλά και την διαχείριση ανθρωπίνων πόρων, την οικονομική - λογιστική διαχείριση καθώς και των πελατειακών σχέσεων.

	MRP	MRP II	ERP
Master Production Scheduling	✓	✓	✓
Bill of Materials	✓	✓	✓
Inventory Tracking	✓	✓	✓
Machine Capacity Scheduling		✓	✓
Demand Forecasting		✓	✓
Quality Assurance		✓	✓
General Accounting		✓	✓
Core Financials (GL, AR, AP)			✓
Customer Relationship Management (CRM)			✓
Supply Chain Management (SCM)			✓
Human Resources			✓
Enterprise Asset Tracking			✓
Marketing Automation			✓
Project Management			✓

Εικόνα 5. Η εξέλιξη των πληροφοριακών συστημάτων .Πηγή <https://resourceshub.wpengine.com/>

3.1 BOM - Bill of Materials (Κατάλογος Υλικών)

Το BOM (Bill of Materials) είναι ένα καθοριστικό δεδομένο που απαιτείται για τον προγραμματισμό των απαιτούμενων υλικών. Θα μπορούσαμε να αναφερθούμε σε αυτό σαν ‘συνταγή’ γιατί πρακτικά είναι μία λίστα όπου περιλαμβάνει όλα τα υλικά και τη ποσότητα αυτών που απαιτούνται για την παραγωγή ενός προϊόντος. Επιπλέον δεν υπάρχει μόνο το BOM του τελικού προϊόντος αλλά και των υποπροϊόντων αυτού. Για παράδειγμα έχουμε το BOM του μίγματος που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του τελικού προϊόντος, το BOM του τεμαχίου, το BOM συσκευασίας (αν υπάρχει) καθώς και το BOM της παλέτας. Τα BOM εμφανίζονται σε ιεραρχική δομή όπου στη κορυφή έχουμε το τελικό προϊόν. Είναι πολύ σημαντικό να γίνεται σωστή καταχώρηση των Bill

of Materials στο πληροφοριακό σύστημα καθώς μέσω αυτών γίνεται ο προγραμματισμός των απαιτούμενων υλικών.

Η δημιουργία ενός Bill of Materials αποφέρει πολλά πλεονεκτήματα. Τα πιο σημαντικά είναι τα εξής:

- Υποστηρίζει τον προγραμματισμό των απαιτούμενων υλικών.
- Παρέχει μία εκτίμηση κόστους.
- Έλεγχος αποθεμάτων.
- Μείωση σφαλμάτων στην παραγωγική διαδικασία.

Τα BOM συνήθως περιλαμβάνουν :

- Περιγραφές των κωδικών.
- Ποσότητα που απαιτείται από κάθε κωδικό.
- Μονάδα μέτρησης του κάθε στοιχείου.
- Κρισιμότητα (δηλαδή αν η προμήθεια γίνεται μόνο από έναν προμηθευτή).
- Φάση (αν πρόκειται για ενεργό ή μη κωδικό, καθώς και κωδικό που δεν έχει εγκριθεί ακόμη).

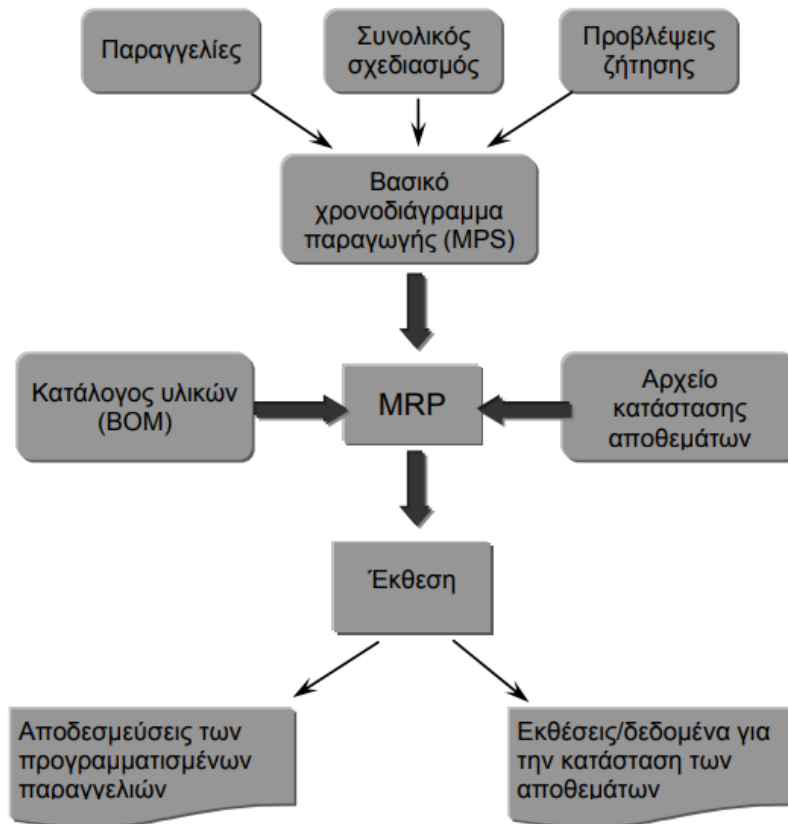
3.2 Συστήματα προγραμματισμού απαιτούμενων υλικών MRP

Τα συστήματα προγραμματισμού απαιτούμενων υλικών έχουν ως στόχο την βελτιστοποίηση της διαχείρισης των αποθεμάτων. Είναι ουσιαστικά ένα σύστημα ροής υλικών όπου εξασφαλίζει ότι υπάρχει το κατάλληλο απόθεμα υλικών τη χρονική στιγμή που απαιτούνται, ενώ στις υπόλοιπες περιόδους το απόθεμα είναι χαμηλό ώστε να μην υπάρξει υπεραποθεματοποίηση. Τα συστήματα MRP εφόσον καταχωρηθούν στο σύστημα οι μεταβλητές που απαιτούνται (lead time- χρόνος παράδοσης προμηθευτή, επίπεδο αποθέματος ασφαλείας, transit time- χρόνος μεταφοράς, προγραμματισμένες παραγωγές) προτείνουν πότε και σε ποια ποσότητα πρέπει να παραγγελθούν τα υλικά που απαιτούνται για τις προγραμματισμένες παραγωγές. Σε πολλές περιπτώσεις μπορεί ακόμη και η παραγγελία να τοποθετηθεί αυτόματα από το σύστημα και να σταλεί ηλεκτρονικά μέσω του συστήματος στο προμηθευτή. Αυτό φυσικά προϋποθέτει ότι δεν θα υπάρξουν αλλαγές

στις προγραμματισμένες παραγωγές καθώς και ότι οι χρόνοι παράδοσης δεν μεταβάλλονται.

Τα MRP συστήματα βασίζονται στην εξαρτημένη ζήτηση υλικών . Εξαρτημένη είναι η ζήτηση για έναν κωδικό που προκύπτει από την ανεξάρτητη ζήτηση ενός τελικού προϊόντος. Αυτό σημαίνει ότι το MRP δεν προβλέπει την ζήτηση τελικών προϊόντων αλλά με βάση το χρονοδιάγραμμα της παραγωγής υπολογίζει τις απαιτήσεις των υλικών.

Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής των διαδικασιών των συστημάτων MRP. Τα βασικά δεδομένα είναι οι παραγγελίες των πελατών της εταιρίας καθώς και οι προβλέψεις ζήτησης προϊόντων. Με βάση τα παραπάνω δεδομένα δημιουργείται το χρονοδιάγραμμα της παραγωγής (MPS- Master Production Schedule). Το MPS περιέχει τις προγραμματισμένες παραγωγές δηλαδή ποια προϊόντα και σε τι ποσότητες θα παραχθούν καθώς και τις ημερομηνίες έναρξης και ολοκλήρωσης της παραγωγής. Στη συνέχεια το σύστημα MRP χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες από τα BOM καθώς και την κατάσταση των αποθεμάτων (τωρινό απόθεμα , υλικά σε παραγγελίες) προβάλλει το ύψος των υλικών που θα απαιτηθούν καθώς το πότε θα πρέπει αυτά να παραδοθούν.



Εικόνα 6. Το MRP σύστημα. Πηγή :Διοίκηση Εκμετάλλευσης, Shim, Siegel

Ο μαθηματικός τύπος με τον οποίο υπολογίζει το MRP την ποσότητα της παραγγελίας είναι

$$\text{Καθαρή απαίτηση υλικών} = \text{Μικτή απαίτηση υλικών} - \text{Διαθέσιμα αποθέματα (διαθέσιμα στην αρχή της περιόδου)} - \text{Σχεδιαζόμενες παραλαβές παραγγελιών (ή προγραμματισμένες παραλαβές)}$$
 εξής:

Κάθε φορά που εκτελούμε το MRP τα στοιχεία που θα λαμβάνουμε ως έξοδο του συστήματος είναι τα εξής :

- Χρονοδιάγραμμα προγραμματισμένων παραγγελιών.
- Αλλαγές σε υπάρχουσες παραγγελίες.

- Αναφορές αποκλίσεων (τα υλικά που θέλουν ιδιαίτερη προσοχή ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή ποσότητα του αποθέματος).
- Αναφορές απόδοσης (πόσο καλά λειτουργεί η διαδικασία).
- Αναφορές σχεδιασμού (μακροπρόθεσμος σχεδιασμός απαιτήσεων υλικών).

Μία πιο εκσυγχρονισμένη εκδοχή των συστημάτων MRP I είναι τα συστήματα MRP II (Manufacturing Resource Planning) . Τα συστήματα MRP II ή κλειστού βρόγχου MRP περιλαμβάνουν όλες τις λειτουργίες της επιχείρησης και όχι μόνο τον προγραμματισμό των απαιτούμενων υλικών. Το σύστημα MRP II συντονίζει όλα τα τμήματα της επιχείρησης (αγορών , πωλήσεων , οικονομικό τμήμα , τμήμα μάρκετινγκ). Μπορούμε να πούμε ότι τα στοιχεία που προστέθηκαν συγκριτικά με το σύστημα MRP I είναι τα εξής:

- Πρόβλεψη ζήτησης.
- Προγραμματισμός δυναμικότητας των μηχανών παραγωγής.
- Διασφάλιση ποιότητας.
- Λογιστική.

3.3 Προγραμματισμός επιχειρησιακών πόρων ERP

Τα συστήματα ERP (Enterprise Resource Planning) έχουν ως στόχο την διαχείριση όλων των λειτουργιών της επιχείρησης. Περιλαμβάνει τις εφαρμογές που αξιοποιούν, επεξεργάζονται και αναλύουν τα δεδομένα για τα τμήματα της εταιρίας. Αυτά μπορεί να είναι τα εξής:

- Εμπορική Διαχείριση.
- Οικονομική Διαχείριση.
- Διαχείριση Αποθήκης.
- Διαχείριση Ανθρώπινου Δυναμικού.
- Διαχείριση Πελατειακών Σχέσεων (CRM).
- Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας.
- Διαχείριση Παραγωγής.

- Σχεδιασμός Προϊόντων.
- Χρηματοοικονομική Λογιστική.
- Marketing.
- Τμήμα Ποιοτικού Ελέγχου.

Φυσικά οι παραπάνω εφαρμογές κάθε φορά τροποποιούνται με τις ανάγκες του εκάστοτε πελάτη μπορούν όμως να ενεργοποιηθούν μελλοντικά σε περίπτωση που χρειαστεί.

Τα συστήματα ERP είναι πολύ σημαντικά για την εξέλιξη της εταιρείας. Τα τμήματα της επιχείρησης θα πρέπει να εργάζονται αρμονικά και τα συστήματα ERP συντελούν στην επικοινωνία των τμημάτων. Οι διαδικασίες σε κάθε εταιρία που θέλει να αναπτυχθεί θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο αυτοματοποιημένες γίνεται. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι όταν μία διαδικασία επαναλαμβάνεται με τον ίδιο τρόπο πολλές φορές υπάρχει σίγουρα τρόπος αντικατάστασής της. Τα συστήματα ERP μέσω της αυτοματοποίησης δημιουργούν πολλές ευκαιρίες για την αύξηση της ανταγωνιστικότητας και της παραγωγικότητας της επιχείρησης.

4. Μέθοδοι Προβλέψεων Ζήτησης

4.1 Είδη προβλέψεων

Στο σύγχρονο περιβάλλον των επιχειρήσεων οι προβλέψεις αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για την λήψη των αποφάσεων. Πρόβλεψη είναι η εκτίμηση μελλοντικών καταστάσεων και δεδομένων.

Μία πρώτη κατηγοριοποίηση των προβλέψεων είναι σε ποιοτικές και ποσοτικές μεθόδους. Οι ποιοτικές μέθοδοι δεν περιλαμβάνουν μαθηματικές σχέσεις και βασίζονται σε υποκειμενικές κρίσεις. Δίνεται άμεσα η δυνατότητα προσθήκης νέων πληροφοριών και το πιο σημαντικό πλεονέκτημα των ποιοτικών μεθόδων είναι ότι μπορούν πολύ εύκολα να αντιληφθούν αλλαγές στην αγορά.

Κάποια είδη ποιοτικών προβλέψεων είναι τα εξής:

- Γνωμάτευση Στελεχών ή απλή κριτική πρόβλεψη.
- Έρευνα Αγοράς.
- Μέθοδος των Δελφών (μέθοδος επιτροπών).
- Αναλογίες (δομημένες ή απλές).

Οι ποσοτικές (στατιστικές) μέθοδοι βασίζονται στην ύπαρξη ενός δομημένου μοντέλου και όχι στη κρίση, είναι συνεπής και αντικειμενικές, ενώ μπορούν να επεξεργαστούν και μεγάλο όγκο δεδομένων. Στον αντίποδα πολλές φορές μπορεί να μην υπάρχουν επαρκή και αντικειμενικά τέτοια δεδομένα.

4.2 Κυριότερες Στατιστικές Μέθοδοι Πρόβλεψης

Οι κυριότεροι μέθοδοι στατιστικής πρόβλεψης θα μπορούσαν να διαχωριστούν σε μεθόδους συνεχούς ζήτησης και σε μεθόδους διακοπτόμενης ζήτησης

1. Μέθοδοι Συνεχούς Ζήτησης

- Naive
- Seasonal Naive
- Απλός Μέσος Όρος
- Κινητοί Μέσοι Όροι
- Μέθοδοι Εκθετικής Εξομάλυνσης
- Linear & Exponential Trend
- Απλή & Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση
- Μέθοδος Theta

2. Μέθοδοι Διακοπτόμενης Ζήτησης

- Μέθοδος Croston & SBA
- Μέθοδος Adida

Συνοπτικά παρουσιάζονται παρακάτω τα βασικά στοιχεία των μοντέλων.

Μέθοδοι Συνεχούς Ζήτησης

Μέθοδος Naïve

Πρόκειται για μία πολύ απλή στατιστική μέθοδο πρόβλεψης. Για την πρόβλεψη χρησιμοποιούμε την τιμή της προηγούμενης περιόδου. Αυτό σημαίνει ότι σε περιόδους με εποχικότητα η μέθοδος αυτή δεν θα μας δώσει καλές προβλέψεις.

Ο μαθηματικός τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μεθόδου Naïve είναι εξής:

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

Όπου F_t είναι η πρόβλεψή μας και είναι Y_{t-1} είναι η τιμή της προηγούμενης περιόδου

Μέθοδος Seasonal Naïve

Πρόκειται για μια παραλλαγή της απλής μεθόδου naïve. Η διαφορά είναι ότι για την πρόβλεψή μας δεν χρησιμοποιείται η τιμή της προηγούμενης περιόδου αλλά χρησιμοποιείται η τιμή της αντίστοιχης προηγούμενης περιόδου.

Απλός Μέσος Όρος

Πρόκειται για μια εξίσου απλή μέθοδο πρόβλεψης. Η πρόβλεψη ισούται με το μέσο όρο όλων των διαθέσιμων παρατηρήσεων. Ο μαθηματικός τύπος είναι ο εξής:

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

Όπου F_{t+1} η πρόβλεψη, t το σύνολο των διαθέσιμων περιόδων και Y_i οι αντίστοιχες παρατηρήσεις.

Κινητός Μέσος Όρος

Πρόκειται για μια παραλλαγή της μεθόδου του απλού μέσου όρου. Η διαφορά είναι ότι λαμβάνονται υπόψη μόνο ένας αριθμός πρόσφατων παρατηρήσεων.

Ο μαθηματικός τύπος είναι ο εξής:

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

Μέθοδοι Εκθετικής Εξομάλυνσης

Οι μέθοδοι εκθετικής εξομάλυνσης χρησιμοποιούνται κυρίως για βραχυπρόθεσμες προβλέψεις. Τα κύρια μοντέλα είναι τα εξής:

- Απλή εκθετική εξομάλυνση σταθερού επιπέδου (SES-Simple Exponential Smoothing).
- Γραμμική τάση (Holt).
- Μη γραμμική τάση (Damped).

Το μοντέλο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης σταθερού επιπέδου ακολουθεί τον παρακάτω μαθηματικό τύπο:

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

Όπου e είναι το σφάλμα το S είναι οι παρατηρήσεις και F είναι η πρόβλεψη. Η παράμετρος a αποτελεί το συντελεστή εξομάλυνσης.

Το μοντέλο της γραμμικής τάσης ακολουθεί τον παρακάτω μαθηματικό τύπο:

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

Πρόκειται για μια επέκταση της απλής εξομάλυνσης η οποία λαμβάνει υπόψη και την ύπαρξη τάσης στα δεδομένα.

Η παράμετρος a είναι ο συντελεστής εξομάλυνσης του επιπέδου και η παράμετρος b είναι ο συντελεστής εξομάλυνσης της τάσης. Και οι 2 παράμετροι λαμβάνουν τιμές μεταξύ 0 και 1 και με m συμβολίζεται ο χρονικός ορίζοντας της πρόβλεψης.

Το μοντέλο μη γραμμικής τάσης αποτελεί μια παραλλαγή του μοντέλου γραμμικής τάσης που χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις μη γραμμικών τάσεων. Η διαφοροποίηση είναι ότι προστίθεται μια νέα παράμετρος ϕ η οποία ελέγχει το ρυθμό αύξησης των τιμών της τάσης σε μια χρονοσειρά. Οι εξισώσεις του μοντέλου αυτού είναι οι εξής:

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

- Για $\phi = 0$, το μοντέλο ταυτίζεται με αυτό της απλής εκθετικής εξομάλυνσης
- Για $0 < \phi < 1$, έχουμε φθίνουσα τάση
- Για $\phi = 1$, το μοντέλο ταυτίζεται με το μοντέλο γραμμικής τάσης
- Για $\phi > 1$, το μοντέλο περιγράφει εκθετική εξομάλυνση με εκθετική τάση

Linear & Exponential Trend

Οι μέθοδοι γραμμικής και εκθετικής τάσης χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μακροπρόθεσμων προβλέψεων. Μελετάται η σχέση μεταξύ μιας εξαρτημένης μεταβλητής με συγκεκριμένες ανεξάρτητες μεταβλητές.

Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση

Στο απλό γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης (simple linear model) η πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon,$$

όπου, x η ανεξάρτητη μεταβλητή, β_1 η κλίση της ευθείας και β_0 η σταθερά που αντιπροσωπεύει την πρόβλεψη για $x=0$, και ε το τυχαίο σφάλμα,

Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση

Ο τύπος της εξίσωσης πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (multiple linear regression) είναι ο εξής:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1,i} + \beta_2 x_{2,i} + \dots + \beta_k x_{k,i} + e_i,$$

Όπου β_1 έως β_k η κλίση των διάφορων ευθειών των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Μέθοδος Theta

Η μέθοδος Theta βασίζεται στη διάσπαση της υπάρχουσας χρονοσειράς σε 2 ή περισσότερες γραμμές Theta. Η κάθε γραμμή προεκτείνεται με την ίδια ή και διαφορετική μέθοδο πρόβλεψης και στη συνέχεια συνδυάζονται οι 2 γραμμές ώστε να παραχθεί η τελική πρόβλεψη.

Τα βήματα είναι τα εξής

- Εντοπισμός εποχικότητας και από-εποχικοποίηση αν χρειαστεί.
- Αποσύνθεση υπολογισμός.
- Πρόβλεψη.

- Συνδυασμός.
- Εποχικοποίηση των τελικών προβλέψεων.

Μέθοδοι Διακοπτόμενης Ζήτησης

Μέθοδος Croston

Η μέθοδος Croston χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου υπάρχει διακοπτόμενη ζήτηση. Αυτό σημαίνει ότι η ζήτηση δεν είναι συνεχόμενη αλλά υπάρχουν περίοδοι όπου αυτή είναι μηδενική. Εκτός αυτών υπάρχει μεγάλη διακύμανση μεταξύ δύο διαδοχικών μη μηδενικών παρατηρήσεων. Η μέθοδος αυτή λαμβάνει υπόψη τη ζήτηση καθώς και το χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ δύο μη μηδενικών παρατηρήσεων.

Στη μέθοδο Croston προβλέπονται με τη μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης και οι μη μηδενικές τιμές αλλά και τα χρονικά διαστήματα μεταξύ των μη μηδενικών τιμών. Οι δύο χρονοσειρές προεκτείνονται ανεξάρτητα με τη μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης (με παράμετρο εξομάλυνσης α συνήθως 0,05).


Ο τύπος που εφαρμόζεται κατά τη μέθοδο Croston είναι ο εξής:

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

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα παράδειγμα αποσύνθεσης σε demand (ζήτηση) και intervals (διαστήματα). Το demand αφορά της μη μηδενικές παρατηρήσεις και το interval τα διαστήματα μεταξύ δύο διαδοχικών μη μηδενικών παρατηρήσεων.

Πίνακας 2. Παραδείγμα Αποσύνθεσης σε demands& intervals (Croston)

t	Yt
1	0
2	2
3	1
4	0
5	0
6	1
7	0
8	3



Demands	Intervals
2	2
1	1
1	3
3	2

Η μέθοδος αυτή είναι πολύ σημαντική στις προβλέψεις διακοπτόμενης ζήτησης. Παρατηρείται όμως ότι τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής είναι χειρότερα από το αναμενόμενο. Ο Συντετός και Boylan (2001) συμπέραναν ότι η μέθοδος είναι θετικά προκατειλημμένη δηλαδή παρουσιάζει αισιόδοξη τάση στις προβλέψεις της. Η τιμή της παραμέτρου εξομάλυνσης a συνδέεται με το επίπεδο της αισιόδοξης τάσης. Όταν το a λάβει τη τιμή 1 (μέγιστη τιμή) οδηγεί στη μέγιστη αισιόδοξη τάση. Για την αποφυγή αυτής της ιδιαιτερότητας δημιουργήθηκε η μέθοδος SBA (Syntetos and Boylan Approximation) και υπολογίζεται από τον εξής τύπο:

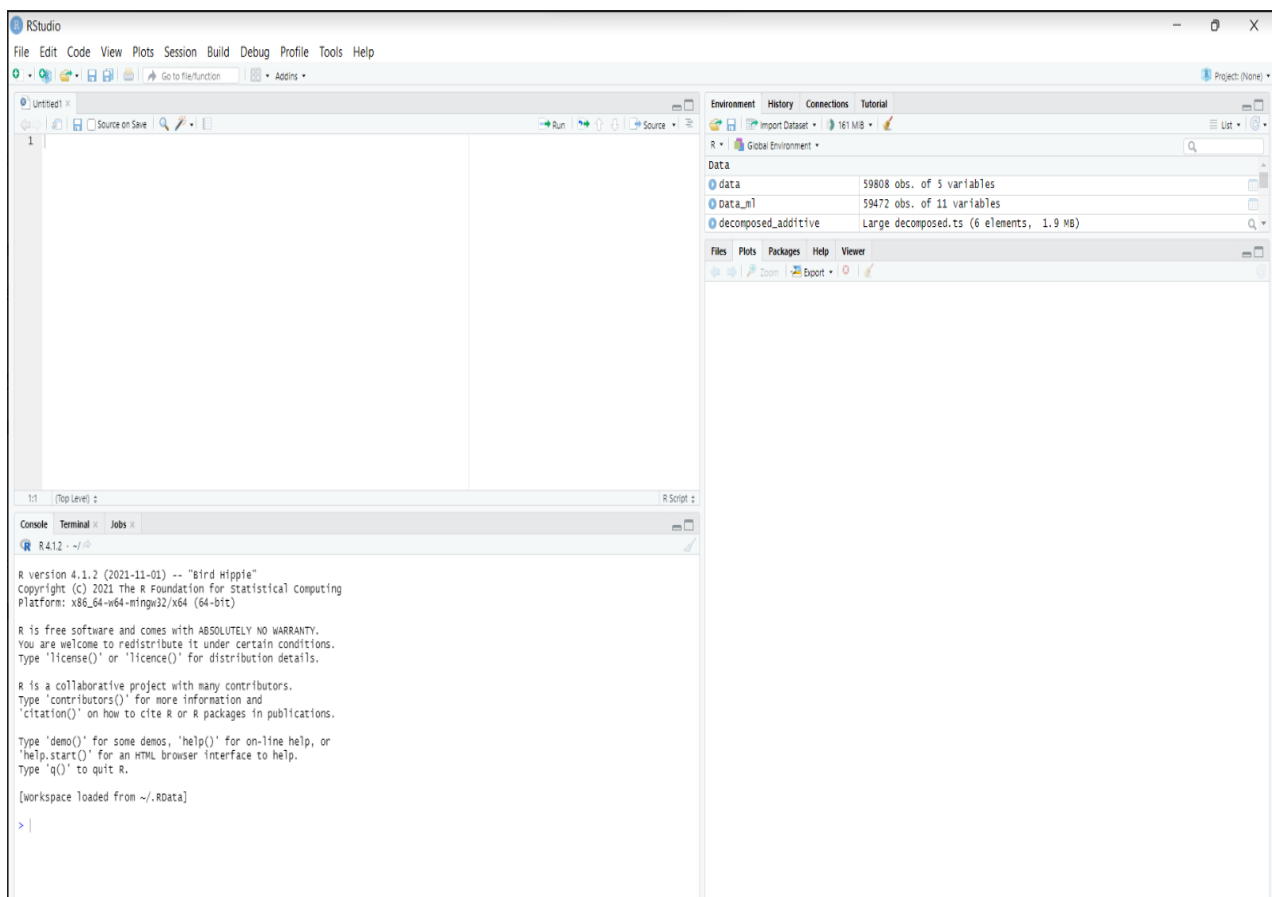
$$F_{SBA} = \left(1 - \frac{a}{2}\right) \cdot \frac{F_{demands}}{F_{intervals}}$$

Μέθοδος ADIDA

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί η ασυνέχεια των δεδομένων της διακοπόμενης ζήτησης τα δεδομένα συναθροίζονται σε περιόδους μικρότερης συχνότητας. Με αυτό το τρόπο δημιουργείται μία νέα χρονοσειρά στην οποία θα έχουν εξαλειφθεί οι ασυνέχειες που υπήρχαν λόγω της μη ύπαρξης ζήτησης. Το κατάλληλο επίπεδο συνάθροισης θα οδηγήσει στη νέα αυτή χρονοσειρά η οποία πλέον θα είναι χρονοσειρά συνεχούς ζήτησης και θα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί όποια μέθοδος πρόβλεψης συνεχούς ζήτησης θεωρείται πιο αποδοτική. Με αυτό το τρόπο δημιουργούνται προβλέψεις στο επίπεδο της συνάθροισης που ορίσαμε. Στη συνέχεια αυτές οι προβλέψεις διασπώνται ώστε να φτάσουμε στις τελικές προβλέψεις.

4.3 Η χρήση της γλώσσας προγραμματισμού R στην πρόβλεψη της ζήτησης

Η γλώσσα R είναι μία γλώσσα ανοιχτού κώδικα που σημαίνει ότι διατίθεται δωρεάν στο internet. Αποτελεί μία ολοκληρωμένη στατιστική πλατφόρμα όπου μπορεί να γίνει στατιστική ανάλυση δεδομένων. Εκτός αυτού παρέχει τη δυνατότητα δημιουργία πολύπλοκων γραφημάτων. Μπορεί με ευκολία να ενσωματώσει δεδομένα που βρίσκονται σε άλλη μορφή πχ excel και είναι διαθέσιμη για όλα τα λειτουργικά συστήματα. Παρακάτω παρουσιάζεται το περιβάλλον του R Studio.



Εικόνα 7. Το περιβάλλον του R Studio

- i. Αριστερά πάνω είναι το πεδίο όπου εισάγεται ο κώδικας.
- ii. Από κάτω βρίσκεται η κονσόλα του προγράμματος.
- iii. Δεξιά πάνω εμφανίζονται οι μεταβλητές που έχουμε εισάγει.
- iv. Κάτω δεξιά μπορούμε να δούμε τα πακέτα της R που έχουμε εγκαταστήσει καθώς και τα γραφήματα που έχουμε δημιουργήσει.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής, η γλώσσα R χρησιμεύει στην ανάλυση δεδομένων και στην εφαρμογή στατιστικών μοντέλων πρόβλεψης. Για την παραγωγή προβλέψεων υπάρχουν διάφορα διαθέσιμα πακέτα καθώς είναι ελεύθερη γλώσσα και ως εκ τούτου πολλοί ερευνητές έχουν συνεισφέρει εθελοντικά στην ανάπτυξή της.

Μερικά από τα πακέτα που έχουν χρησιμοποιηθεί για την μελέτη περίπτωσης αυτής της εργασίας είναι τα εξής:

Ggplot2: Απεικόνιση διαγραμμάτων.

Dplyr: Χειρισμός δεδομένων (επιλογή, φιλτράρισμα κτλ.).

Forecast: Μέθοδοι και εργαλεία για την παραγωγή προβλέψεων.

Methods: Βασικές μέθοδοι για την ανάλυση δεδομένων.

Stats: Βασικές στατιστικές λειτουργίες.

5. Παράδειγμα Διαχείρισης Αποθεμάτων Α' υλών σύμφωνα με τις προβλέψεις ζήτησης τελικών προϊόντων σε βιομηχανία τροφίμων

Η επιχείρηση πάνω στην οποία βασίζεται αυτή η μελέτη περίπτωσης ανήκει στο κλάδο της βιομηχανίας τροφίμων, συγκεκριμένα στον ελαιοπαραγωγικό τομέα και δραστηριοποιείται στην Ελλάδα και στο εξωτερικό. Η εν λόγω διπλωματική βασίστηκε σε ημερησία δεδομένα πωλήσεων 20 κωδικών μίας συγκεκριμένης κατηγορίας προϊόντων, από τον Μάρτιο του 2020 έως τον Μάιο του 2022. Λόγω εμπιστευτικότητας έχουν μετονομαστεί οι ονομασίες των τελικών προϊόντων και των πρώτων υλών.

Ο στόχος αυτής της μελέτης περίπτωσης είναι αρχικά να γίνει η πρόβλεψη των πωλήσεων των τελικών προϊόντων για τις επόμενες 14 ημέρες που είναι ο ορίζοντας πρόβλεψης της εταιρείας, έπειτα με βάση την πολιτική που ακολουθεί η επιχείρηση να γίνει έλεγχος για την κάλυψη των πωλήσεων που εκτιμάται ότι θα προκύψουν και στη συνέχεια να γίνει αναπλήρωση του αποθέματος ασφαλείας εάν χρειάζεται καθώς και να προγραμματιστεί η προμήθεια των πρώτων & βοηθητικών υλών που απαιτούνται για την παραγωγή τους. Όσον αφορά την διαχείριση των αποθεμάτων των Α' & Β' υλών τα δεδομένα που έχουμε είναι τα εξής:

- Τρέχον απόθεμα – όπως μετράτε στο τέλος της ημέρας.
- Απόθεμα Ασφαλείας – όπως αυτό καθορίζεται από τη πολιτική της εταιρείας βάση της σημαντικότητας των κωδικών.
- Bill of Materials – όπως είναι καταχωρημένα στο σύστημα της εταιρείας.
- MOQ προμηθευτή-βάση της πολιτικής των προμηθευτών της εταιρείας.
- Lead time- βάση της συμφωνίας με τους προμηθευτές της εταιρείας.
- Ανοιχτές Παραγγελίες Α&Β υλών-όπως μετράτε στο τέλος της ημέρας έπειτα από τη πραγματοποίηση των παραλαβών της ημέρας.

Η προμήθεια των πρώτων υλών γίνεται βάσει του MOQ και το lead time του προμηθευτή, με τους περισσότερους να έχουν lead time 1 εβδομάδας. Σε αυτές τις περιπτώσεις η παράδοση των προϊόντων τοποθετείται 1 εβδομάδα πριν ή και σε ορισμένες περιπτώσεις λόγω της αξιοπιστίας των προμηθευτών με Just In Time παράδοση. Φυσικά υπάρχουν προμηθευτές με πολύ υψηλότερο lead time και μεγαλύτερο κίνδυνο μη έγκαιρης παράδοσης όπου οι παραγγελίες τοποθετούνται με την μέθοδο της οικονομικής ποσότητας παραγγελίας. Στους κωδικούς όπου θα γίνει το case study, παρατηρούνται οι παρακάτω κατηγορίες κωδικών με το αντίστοιχο lead time του προμηθευτή.

Πίνακας 3. Lead time Προμηθευτών

Είδος – Προμηθευτής	Lead time
Wood pallet	2 days
Carton	1 week
Label	1 week
Plastic hoop for palletizing	1 week
Bottle	1 week
Bottle Label	1 week
Cap	1 week
Oil	3 days

5.1 Χρήση της R για την πρόβλεψη της ζήτησης

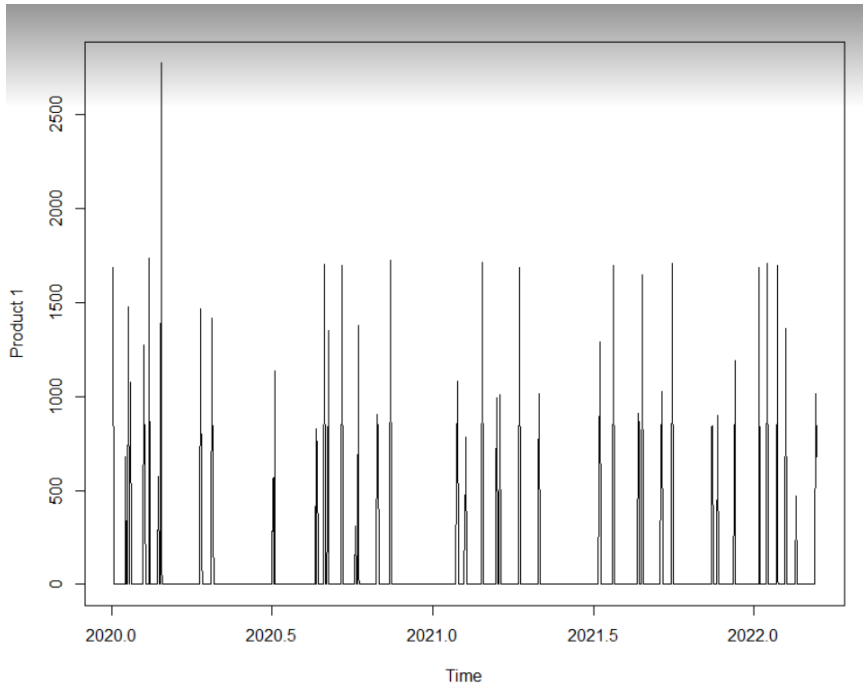
Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την άσκηση περιλαμβάνουν κωδικούς όπου παράγονται και πωλούνται όλο το χρόνο αλλά και κωδικούς οι οποίοι μπορεί να πωληθούν 1-2 φορές σε όλο το χρόνο. Η αρχική μορφή των δεδομένων ήταν η εξής:

Πίνακας 4. Αρχικά Δεδομένα (δείγμα)

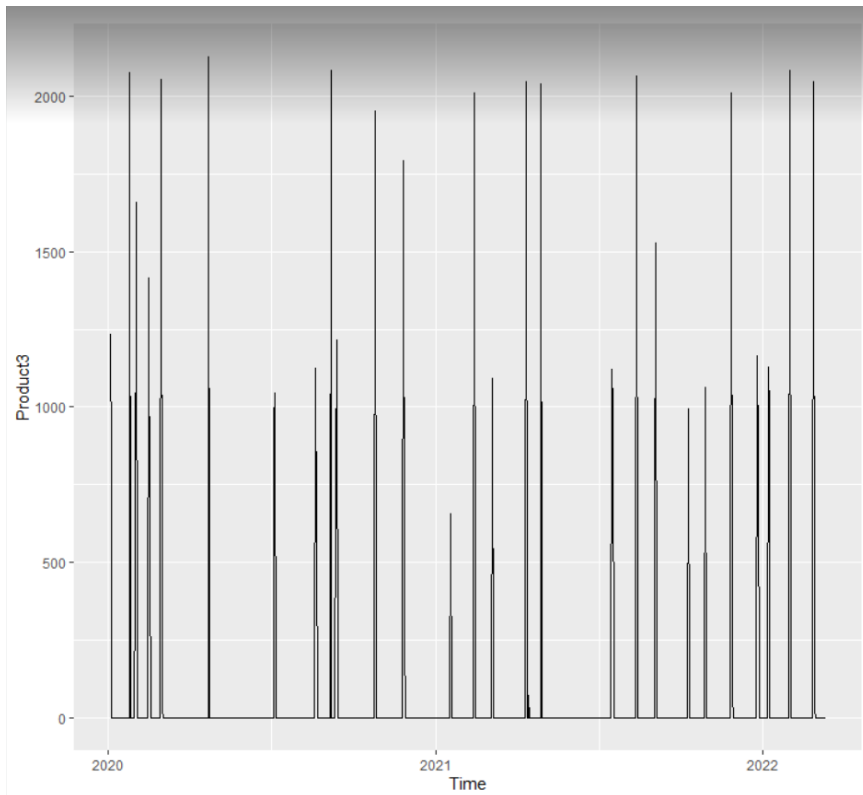
Ημερομηνία	Product 1	Product 2	Product 3	Product 4	Product 5
18/3/2020	1690	0	1235	0	0
19/3/2020	0	0	804	0	0
20/3/2020	0	0	0	0	0
21/3/2020	0	0	0	0	0
22/3/2020	0	0	0	0	0
23/3/2020	0	0	0	3909	0
24/3/2020	0	0	0	0	0
25/3/2020	0	0	0	0	0
26/3/2020	0	0	0	0	0
27/3/2020	0	0	0	0	0
28/3/2020	0	0	0	0	0
29/3/2020	0	0	0	0	0
30/3/2020	0	0	0	0	0
31/3/2020	0	0	0	0	0
1/4/2020	679	0	0	0	0
2/4/2020	0	0	0	0	0
3/4/2020	0	0	0	0	0
4/4/2020	1481	0	0	0	0
5/4/2020	0	0	0	0	0
6/4/2020	1075	0	0	0	0
7/4/2020	0	1732	0	0	0
8/4/2020	0	0	0	1608	0
9/4/2020	0	0	2076	378	0
10/4/2020	0	0	0	0	0
11/4/2020	0	0	0	0	0
12/4/2020	0	0	0	0	0

Για τους 20 κωδικούς που θα μελετήσουμε έχουμε τα ημερήσια δεδομένα πωλήσεων τους.

Ενδεικτικά παρουσιάζεται παρακάτω η χρονοσειρά του κωδικού Product 1 & Product 3.



Εικόνα 8. Ημερήσιες Πωλήσεις Κωδικού 1

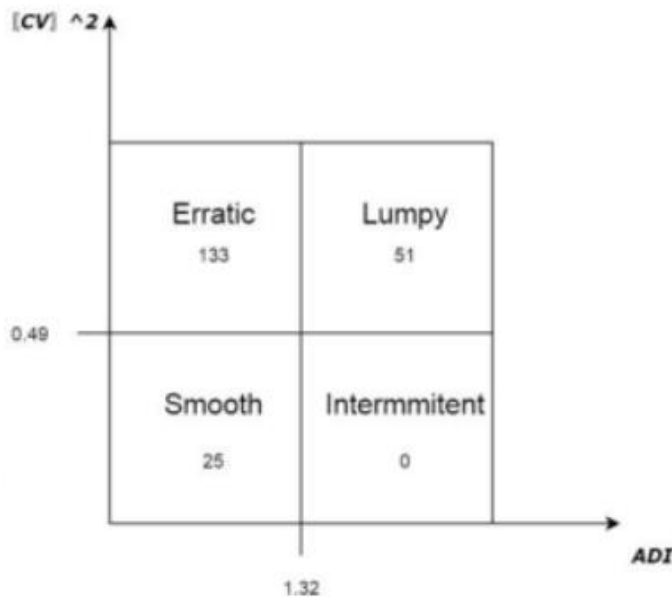


Εικόνα 9. Ημερήσιες Πωλήσεις Κωδικού 3

Παρατηρούμε ότι η ζήτηση για τους κωδικούς 1 & 3 είναι ακανόνιστη και οι χρονικές περίοδοι που μεσολαβούν μεταξύ δύο ζητήσεων δεν είναι σταθερές. Επιπλέον και το μέγεθος της ζήτησης που προκύπτει δεν είναι σταθερό.

Για να μπορέσει να γίνει περισσότερο κατανοητή η κατηγορία των δεδομένων θα γίνει η κατηγοριοποίησή τους με βάση τη μεταβλητότητα στα χρονικά διαστήματα της ζήτησης καθώς και τη μεταβλητότητα στη ποσότητα της ζήτησης.

Η μεταβλητότητα στα χρονικά διαστήματα της ζήτησης θα υπολογιστεί με το δείκτη μέσης τιμής διαστημάτων μη μηδενικών ποσοτήτων της ζήτησης ADI (Average Demand Interval) και η μεταβλητότητα στη ποσότητα της ζήτησης θα υπολογιστεί με τη χρήση του τετραγώνου του συντελεστή μεταβλητότητας (CV- Coefficient of Variation).



Εικόνα 10. Κατηγοριοποίηση Ζήτησης κατά Syntetos & Boylan

Παρακάτω ακολουθούν οι ορισμοί των Erratic, Lumpy, Smooth, Intermittent

Erratic: Ακανόνιστη Ζήτηση. Η ζήτηση παρουσιάζεται σε τακτά χρονικά διαστήματα ενώ η ποσότητα της ζήτησης παρουσιάζει έντονες και τυχαίες μεταβολές.

Smooth: Ομαλή Ζήτηση. Η ζήτηση παρουσιάζεται σε τακτά χρονικά διαστήματα και με χαμηλή μεταβλητότητα.

Intermittent: Διακοπτόμενη Ζήτηση. Η ζήτηση παρουσιάζει χαμηλή μεταβλητότητα αλλά μεγάλη τυχαιότητα όσον αφορά τα διαστήματα που εμφανίζεται.

Lumpy: Δυσμορφική Ζήτηση. Η ζήτηση παρουσιάζει μεγάλη μεταβλητότητα και τυχαιότητα όσον αφορά και τη ποσότητα αλλά και τα χρονικά διαστήματα στα οποία εμφανίζεται.

Σύμφωνα τα παραπάνω θα μπορούσε να γίνει η παρακάτω κατηγοριοποίηση των κωδικών. Παρατηρούμε ότι οι περισσότεροι κωδικοί από διακοπτόμενη ζήτηση αλλά έχουμε και 4 κωδικούς με δυσμορφική ζήτηση.

Πίνακας 5. Κατηγοριοποίηση της Ζήτησης των Δεδομένων

SKU	CV ²	ADI	Κατηγορία
Product 1	0,29	12,69	Intermittent
Product 2	0,44	10	Intermittent
Product 3	0,3	18,3	Intermittent
Product 4	0,44	10,14	Intermittent
Product 5	0,32	28	Intermittent
Product 6	0,63	37,42	Intermittent
Product 7	0,48	123	Intermittent
Product 8	0,9	13,98	Intermittent
Product 9	0,49	24,9	Lumpy
Product 10	0,039	264	Intermittent
Product 11	8,31	243	Lumpy
Product 12	1,005	264,66	Lumpy
Product 13	0,4	88,66	Intermittent
Product 14	0,42	62,2	Intermittent
Product 15	1,06	19,1	Lumpy
Product 16	0,37	26,1	Intermittent
Product 17	0,57	34,04	Intermittent
Product 18	0,66	17,48	Intermittent
Product 19	0,52	46,05	Intermittent
Product 20	0,53	66,72	Intermittent

Η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή των προβλέψεων είναι η μέθοδος Croston. Τα δεδομένα που έχουμε παρουσιάζουν διακοπτόμενη ζήτηση. Κάποιοι κωδικοί πωλούνται έως δύο φορές το χρόνο και οι υπόλοιποι αν και πωλούνται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους δεν παρουσιάζουν συνεχή ζήτηση.

Η Croston χρησιμοποιείται σε αυτή τη περίπτωση ως η μία αξιόπιστη μέθοδος πρόβλεψης που δεν θα μας οδηγήσει σε μεγάλη περίσσεια αποθεμάτων. Παρατηρούμε ότι όταν εμφανίζεται η ζήτηση οι τιμές που παίρνει είναι ακανόνιστες, μπορεί να είναι είτε υψηλές είτε χαμηλές είτε και στο ίδιο επίπεδο με την προηγούμενη χρονική περίοδο. Η ζήτηση είναι ακανόνιστη και δεν μπορεί να ενταχθεί στο πλαίσιο της κανονικής κατανομής. Αυτό το είδος της ζήτησης δημιουργεί μεγάλα προβλήματα στη διαχείριση των αποθεμάτων. Καθώς πρόκειται για βιομηχανία τροφίμων όπου τα προϊόντα έχουν ημερομηνία λήξης πρέπει να υπάρχει μεγαλύτερη ευαισθησία όσον αφορά τον προγραμματισμό της παραγωγής και τα αποθέματα.

Η επιχείρηση λόγω αυτής της ευαισθησίας είναι πολύ προσεκτική στην διαχείριση των αποθεμάτων της και όσον αφορά τα αποθέματα των πρώτων υλών, κρατάει είτε χαμηλό είτε μηδενικό απόθεμα ασφαλείας και παραγγέλλει την πλειονότητα των πρώτων υλών όταν προκύψει η αντίστοιχη ανάγκη για παραγωγή. Λαμβάνοντας υπόψη και το κόστος της διατήρησης αποθέματος αυτή η πρακτική καταλαβαίνουμε ότι εξοικονομεί και αποθηκευτικό χώρο και πόρους.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεθόδου Croston και το ποσοστιαίο σφάλμα για κωδικούς 1 & 3.

Η πρόβλεψη Croston πρόβλεψε συνολικά για τη περίοδο των δύο εβδομάδων 1220 κιβώτια για το product 1 & 1007 για το product 3.

Πίνακας 6. *Out-of-sample & sMAPE για τους ενδεικτικούς κωδικούς.*

Days	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	sMAPE
Product1	0	0	0	0	1010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1884
Product3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1250	0	0	0	0	0,2153

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Παρακάτω παρουσιάζονται σε πίνακα τα δεδομένα σχετικά με το μη δεσμευμένο τρέχων απόθεμα και το Safety Stock. Να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει κάποια προγραμματισμένη παραγωγή για τις δύο επόμενες εβδομάδες για αυτούς τους κωδικούς.

Πίνακας 7. Δεδομένα Αποθέματος & Ζήτησης (Croston)

Κωδικός	Τρέχων Απόθεμα	Πρόβλεψη Ζήτησης	Προβλ. Απόθεμα στο τέλος των 2 εβδ.	Safety Stock	Προβ. Απόθεμα σε 2 εβδ. αφαρ. το safety	Παραγγελία/ Παραγωγή
Product1	5090	1220	3870	1000	2870	0
Product2	10567	2022	8545	1500	7045	0
Product3	2137	1007	1130	1500	-370	370
Product4	7895	1991	5904	3000	2904	0
Product5	1238	222	1016	500	516	0
Product6	798	220	578	500	78	0
Product7	354	76	278	0	278	0
Product8	3489	2820	669	500	169	0
Product9	2258	653	1605	500	1105	0
Product10	385	16	369	0	369	0
Product11	405	23	382	0	382	0
Product12	589	5	584	0	584	0
Product13	607	80	527	0	527	0
Product14	3450	524	2926	0	2926	0
Product15	3698	1059	2639	3000	-361	361
Product16	2490	460	2030	500	1530	0
Product17	809	223	586	1000	-414	414
Product18	2123	1932	191	1000	-809	809
Product19	1146	152	994	500	494	0
Product20	506	58	448	200	248	0

Παρατηρούμε ότι η επιχείρηση έχει διαθέσιμο το απόθεμα που χρειάζεται για να καλύψει τη ζήτηση των επόμενων δύο εβδομάδων αλλά σε κάποιους κωδικούς θα πρέπει να αναπληρώσει το απόθεμα ασφαλείας της σε περίπτωση που οι προβλέψεις είναι σωστές. Συγκεκριμένα στους κωδικούς Product 3, 15, 17 & 18.

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Παρακάτω παρουσιάζονται τα ΜΟQ της παραγωγής για αυτούς τους κωδικούς. Αυτό σημαίνει ότι αν θέλουμε να αναπληρωθεί το απόθεμα ασφαλείας δεν είναι εφικτό να παραχθεί μικρότερη ποσότητα από τις παρακάτω.

Πίνακας 8. ΜΟQ Παραγωγής

Κωδικός	ΜΟQ Παραγωγής
Product3	1536
Product15	1536
Product17	1536
Product18	1920

Για να μπορέσουμε να ελέγξουμε την διαχείριση των αποθεμάτων των πρώτων & βοηθητικών υλών μας θα χρειαστούμε τα BOM των παραπάνω υλικών. Αυτά είναι τα εξής:

Πίνακας 9. BOM κωδικού 3

Product 3	Unit Measurement of	Qty.
Wood Pallet 1200x800	EA	1
Carton 3	EA	24
Label	EA	24
CU Product 3	EA	384
Plastic hoop for palletizing	M	3,92
Bottle 3	EA	384
Bottle Label 3	EA	384
Cap	EA	384
Oil 3	KG	353,28

Πίνακας 10. BOM κωδικού 15

Product 15	Unit Measurement of	Qty.
Wood Pallet 1200x800	EA	1
Carton 15	EA	32
Label	EA	32
CU Product 15	EA	384
Plastic hoop for palletizing	M	3,92
Bottle 15	EA	384
Bottle Label 15	EA	384
Cap	EA	384

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Oil 15	KG	353,28
--------	----	--------

Πίνακας 11. BOM κωδικού 17

Product 17	Unit Measurement of	Qty.
Wood Pallet 1200x800	EA	1
Carton 17	EA	32
Label	EA	32
CU Product 17	EA	384
Plastic hoop for palletizing	M	3,92
Bottle 17	EA	384
Bottle Label 17	EA	384
Cap	EA	384
Oil 17	KG	353,28

Πίνακας 12. BOM κωδικού 18

Product 18	Unit Measurement of	Qty.
Wood Pallet 1200x800	EA	1
Carton 18	EA	24
Label	EA	24
CU Product 18	EA	384
Plastic hoop for palletizing	M	3,92
Bottle 18	EA	384
Bottle Label 18	EA	384
Cap	EA	384
Oil 18	KG	353,28

Εφόσον οι προβλέψεις μας αφορούν το CU (Customer Unit) προϊόντων, οι ανάγκες υλικών που θα χρειαστούμε παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες για κάθε κωδικό ξεχωριστά.

Πίνακας 13. Ανάγκες Υλικών Συσκευασίας και Πρώτων Υλών κωδικών 3 & 15

Product 3	Unit Measurement of	Qty		Product 15	Unit of Measure ment	Qty
Wood Pallet 1200x800	EA	4		Wood Pallet 1200x800	EA	4
Carton 3	EA	96		Carton 15	EA	128
Label	EA	96		Label	EA	128
CU Product 3	EA	1536		CU Product 15	EA	1536

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Plastic hoop for palletizing	M	15,68		Plastic hoop for palletizing	M	15,68
Bottle 3	EA	1536		Bottle 15	EA	1536
Bottle Label 3	EA	1536		Bottle Label 15	EA	1536
Cap	EA	1536		Cap	EA	1536
Oil 3	KG	1413,12		Oil 15	KG	1413,12

Πίνακας 14. Ανάγκες Υλικών Συσκευασίας και Πρώτων Υλών κωδικών 17&18

Product 17	Unit of Measurement	Qty		Product 18	Unit of Measurement	Qty
Wood Pallet 1200x800	EA	4		Wood Pallet 1200x800	EA	5
Carton 17	EA	128		Carton 18	EA	120
Label	EA	128		Label	EA	120
CU Product 17	EA	1536		CU Product 18	EA	1920
Plastic hoop for palletizing	M	15,68		Plastic hoop for palletizing	M	19,6
Bottle 17	EA	1536		Bottle 18	EA	1920
Bottle Label 17	EA	1536		Bottle Label 18	EA	1920
Cap	EA	1536		Cap	EA	1920
Oil 17	KG	1413,12		Oil 18	KG	1766,4

Με βάση τα παραπάνω τοποθετούνται οι τελικές παραγγελίες των Α υλών λαμβάνοντας υπόψη και το MOQ του προμηθευτή.

Πίνακας 15. Τελικές Παραγγελίες

Κωδικός	Τρέχων δεσμευμένο σε προγραμματισμένες παραγωγές απόθεμα	Συνολικές Ανάγκες	Επιθ. Παραγγελία	MOQ Προμηθευτή	Τελική Παραγγελία
Wood Pallet 1200x800	159	17	0		
Carton 3	0	96	96	500	500
Label	10345	472	0		
Plastic hoop for palletizing	1500	66,64	0		
Bottle 3	0	1536	1536	2000	2000
Bottle Label 3	18903	1536	0		
Cap	41356	6528	0		

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Oil 3	5467	1413,12	0		
Carton 15	0	128	128	500	500
Bottle 15	0	1536	1536	2000	2000
Bottle Label 15	15987	1536	0		
Oil 15	25400	1413,12	0		
Carton 17	0	128	128	500	500
Bottle 17	0	1536	1536	2000	2000
Bottle Label 17	23056	1536	0		
Oil 17	24000	1413,12	0		
Carton 18	0	120	120	500	500
Bottle 18	0	1920	1920	2000	2000
Bottle Label 18	45065	1920	0		
Oil 18	22560	1766,4	0		

Στη συνέχεια θα υπολογιστεί η ακρίβεια της μεθόδου πρόβλεψης Croston και θα ελεγχθούν επιπλέον οι αποδόσεις των μεθόδων SES και ADIDA. Το out-of-sample που θα χρησιμοποιήσουμε είναι οι πραγματικές πωλήσεις και είναι τα εξής :

Πίνακας 16. Out-of-sample κωδικών για το διάστημα προσομοίωσης.

Days	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1010	1241	0	0	290	0	0	2039	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0
6	0	342	0	0	0	0	0	59	0	0	0	0	0	0	1585	0	0	0	0	0
7	0	171	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	427	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	1585	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	665	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	1250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	640	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	274	0	0	0	0	0	0	0	0	2251	0	0
13	0	1470	0	0	0	290	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0
14	0	0	0	0	0	219	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1010	3224	1250	2250	290	509	0	2098	340	0	0	0	0	427	1585	640	180	2283	0	0

Αν συγκρίνουμε τα αποτελέσματα της μεθόδου Croston θα δούμε ότι αν και υπάρχουν διαφορές στις πραγματικές πωλήσεις και σε αυτές που υπολογίστηκαν με τη μέθοδο η εταιρία θα μπορεί να ανταποκριθεί στις ανάγκες που στη πραγματικότητα προέκυψαν.

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Παρακάτω παρουσιάζονται τα σφάλματα που προέκυψαν από τις μεθόδους ADIDA, Croston & SES.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι :

Πίνακας 17. ΣΜαρε για SES, ADIDA & Croston

Μέθοδος	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20
SES	1,95	0,62	0,32	0,24	0,26	1,01	2,00	0,36	0,59	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,48	0,38	0,16	0,47	2,00	2,00
ADIDA	0,07	0,62	0,36	0,24	0,27	1,01	2,00	0,34	0,60	2,00	2,00	2,00	2,00	1,34	0,49	0,32	0,22	0,46	2,00	2,00
Croston	0,19	0,46	0,22	0,12	0,27	0,79	2,00	0,29	0,63	2,00	2,00	2,00	2,00	0,20	0,40	0,33	0,21	0,17	2,00	2,00

Σύμφωνα με τα παραπάνω η μέθοδος Croston αποδίδει καλύτερες προβλέψεις από τις μεθόδους SES & ADIDA. Παρακάτω θα εξετάσουμε τις επιπτώσεις όπου θα υπήρχαν αν είχαν επιλεγθεί αυτές οι δύο μέθοδοι.

Μέθοδος SES

Πίνακας 18. Δεδομένα Αποθέματος & Ζήτησης (SES)

Κωδικός	Τρέχων Απόθεμα	Πρόβλεψη Ζήτησης	Προβλ. Απόθεμα στο τέλος των 2 εβδ.	Safety Stock	Προβ.Απόθεμα σε 2 εβδ. αφαιρ το safety stock	Παραγγελία/ Παραγωγή
Product1	5090	14,06042	5076	1000	4076	0
Product2	10567	1700,16	8867	1000	7867	0
Product3	2137	903,5741	1233	1000	233	0
Product4	7895	1760,387	6135	1000	5135	0
Product5	1238	223,2446	1015	1000	15	0
Product6	798	167,8661	630	1000	-370	370
Product7	354	49,98557	304	1000	-696	696
Product8	3489	3010,901	478	1000	-522	522
Product9	2258	626,6732	1631	1000	631	0
Product10	385	20,23999	365	1000	-635	635
Product11	405	25,74451	379	1000	-621	621
Product12	589	331,0712	258	1000	-742	742
Product13	607	80,28641	527	1000	-473	473
Product14	3450	6,34123	3450	1000	2450	0
Product15	3698	968,706	2729	1000	1729	0
Product16	2490	435,4287	2055	1000	1055	0

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Product17	809	211,2865	598	1000	-402	402
Product18	2123	1413,438	710	1000	-290	290
Product19	1146	267,4271	879	1000	-121	121
Product20	506	83,45419	423	1000	-577	577

Η μέθοδος SES πρόβλεψε επιπλέον ανάγκη σε 8 ακόμη κωδικούς από ότι η Croston.

Η SES σε αυτή τη περίπτωση θα οδηγούσε σε πλεονάζον απόθεμα 4.235 κιβωτίων.

Μέθοδος ADIDA

Η μέθοδος ADIDA είναι περισσότερο αξιόπιστη από τη SES και σε αυτή τη περίπτωση όπως φαίνεται παρακάτω, θα οδηγούσε σε 4,098 κιβώτια περισσότερα από τη Croston τα οποία και δεν θα ήταν απαραίτητα.

Πίνακας 19. Δεδομένα Αποθέματος & Ζήτησης (ADIDA)

Κωδικός	Τρέχων Απόθεμα	Πρόβλεψη Ζήτησης	Προβλ. Απόθεμα στο τέλος των 2 εβδ.	Safety Stock	Προβλ. Απόθεμα σε 2 εβδ. αφαιρ το Safety Stock	Παραγγελία
Product1	5090	1085,868	4004	1000	3004	0
Product2	10567	1703,983	8863	1000	7863	0
Product3	2137	870,7315	1266	1000	266	0
Product4	7895	1766,483	6129	1000	5129	0
Product5	1238	221,7472	1016	1000	16	0
Product6	798	168,335	630	1000	-370	370
Product7	354	52,02257	302	1000	-698	698
Product8	3489	2942,579	546	1000	-454	454
Product9	2258	628,028	1630	1000	630	0
Product10	385	20,08009	365	1000	-635	635
Product11	405	25,80904	379	1000	-621	621
Product12	589	220,066	369	1000	-631	631
Product13	607	46,38495	561	1000	-439	439
Product14	3450	84,51308	3365	1000	2365	0
Product15	3698	963,0045	2735	1000	1735	0
Product16	2490	461,8799	2028	1000	1028	0
Product17	809	224,1836	585	1000	-415	415

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Product18	2123	1421,752	701	1000	-299	299
Product19	1146	270,5092	875	1000	-125	125
Product20	506	85,18699	421	1000	-579	579

Συμπεράσματα και προεκτάσεις

Στη παρούσα διπλωματική γίνεται σε πρώτο επίπεδο μία συνοπτική ανάλυση των εννοιών που σχετίζονται με την διαχείριση των αποθεμάτων καθώς και με τα είδη προβλέψεων. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε μία μελέτη περίπτωσης όπου χρησιμοποιήθηκαν οι ημερήσιες πωλήσεις 20 κωδικών τελικών προϊόντων με στόχο να καθοριστεί το ύψος των αποθεμάτων των Α & Β υλών για μία περίοδο 2 εβδομάδων.

Παρατηρούμε ότι ανάλογα με το είδος των δεδομένων και της ζήτησης του κάθε κωδικού η προσέγγιση θα πρέπει να είναι διαφορετική. Σημαντικό ρόλο στο καθορισμό της μεθόδου πρόβλεψης έχει το πλήθος και η ιστορικότητα των δεδομένων τα οποία έχουμε συλλέξει. Όσο περισσότερα είναι τα δεδομένα που έχουμε τόσο περισσότερη ακρίβεια μπορεί να έχει η πρόβλεψή μας. Στη συγκεκριμένη εργασία έγινε σύγκριση 3 μεθόδων πρόβλεψης και μελετήθηκαν τα αποτελέσματα και των τριών. Όλοι οι κωδικοί παρουσίαζαν διακοπτόμενη ζήτηση το οποίο σημαίνει ότι οι μέθοδοι πρόβλεψης που θα φέρουν καλά αποτελέσματα είναι συγκεκριμένες.

Στην εργασία χρησιμοποιήθηκε η Croston , η SES και η ADIDA. Η Croston έφερε το μικρότερο σφάλμα σε σχέση με τις υπόλοιπες δύο. Συμπεραίνουμε ότι το σφάλμα επηρεάζεται πολύ από το είδος και πλήθος των δεδομένων. Καθώς τα διαθέσιμα δεδομένα είναι μόνο για δύο έτη και η ζήτηση των κωδικών είναι διακοπτόμενη καθιστά δύσκολη την παραγωγή προβλέψεων. Το σφάλμα σε σχέση με τις πραγματικές πωλήσεις στους περισσότερους κωδικούς είναι πάνω από 20%. Φυσικά το σφάλμα αυτό θα μπορούσε να μειωθεί αν υπήρχαν διαθέσιμα περισσότερα δεδομένα. Παρατηρούμε ότι μία κακή πρόβλεψη θα οδηγήσει είτε σε έλλειψη αποθέματος είτε σε υπεραποθεματοποίηση τα οποία είναι ζημιογόνα για την επιχείρηση. Οι μέθοδοι SES και ADIDA οδηγούσαν και οι δύο σε πλεονάζον απόθεμα ύψους 4.000 χαρτοκιβωτίων.

Αυτό σημαίνει ότι καθώς δεν θα υπήρχαν οι αντίστοιχες πωλήσεις θα είχαμε υπεραποθεματοποίηση με αποτέλεσμα να αυξηθεί το κόστος αποθήκευσης της εταιρίας και ίσως μελλοντικά και το κόστος απαξίωσης. Η επιχείρηση για να μπορέσει να μειώσει αυτά τα κόστη θα μπορούσε αρχικά να διαμορφώσει το επίπεδο των αποθεμάτων ασφαλείας το οποίο θα πρέπει να ελέγχεται διαρκώς αλλά και να χρησιμοποιεί τη

κατάλληλη μέθοδο πρόβλεψης για κάθε κωδικό ανάλογα με τη ζήτησή του. Επίσης θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι κοινωνικο-οικονομικοί παράγοντες σε κάθε πρόβλεψη, οι οποίοι μπορούν να οδηγήσουν είτε σε αύξηση είτε σε μείωση της ζήτησης.

Οι προβλέψεις κατέχουν καθοριστικό ρόλο στην επιτυχία κάθε επιχείρησης. Στη σύγχρονη εποχή η αξιοποίηση των δεδομένων για την παραγωγή προβλέψεων γίνεται όλο και πιο σημαντική. Πιθανές προεκτάσεις της παρούσας διπλωματικής είναι η αξιοποίηση μεγαλύτερου όγκου δεδομένων ώστε να βελτιστοποιηθεί το σφάλμα των προβλέψεων, η εφαρμογή και άλλων τεχνικών προβλέψεων καθώς και η παραγωγή κριτικών προβλέψεων. Έμφαση θα μπορούσε να δοθεί στα μοντέλα μηχανικής μάθησης των προβλέψεων. Επιπλέον θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί διαφορετική πολιτική αποθέματος για κάθε κωδικό με βάση το απόθεμα ασφαλείας του αλλά και την σταθερότητα της ζήτησής του. Άλλες πιθανές προεκτάσεις είναι η εύρεση των ειδικών γεγονότων στις προβλέψεις αλλά και επιπλέον ποιοτικών χαρακτηριστικών καθώς και η παρακολούθηση του κόστους που προκύπτει και η εφαρμογή δεικτών όπως είναι το κόστος των χαμένων πωλήσεων και το κόστος αποθήκευσης.

Τέλος, θα μπορούσαν να προστεθούν δεδομένα όπως είναι οι πελάτες με τις μεγαλύτερες πωλήσεις και να γίνεται πρόβλεψη στις αγορές του κάθε πελάτη. Επιπλέον, η εφαρμογή αλγορίθμου στο πληροφοριακό σύστημα παραγγελιών θα μπορούσε να αποφέρει πολύ σημαντικά δεδομένα για το ύψος και την κατανομή των πωλήσεων. Σε περιπτώσεις όπου ο πελάτης δεν έχει κάποιο μακροπρόθεσμο πλάνο αγορών, οι προβλέψεις θα βοηθήσουν ιδιαίτερα στον προγραμματισμό υλικών και παραγωγής της επιχείρησης.

Βιβλιογραφία

- Αγιακλόγλου Ν. Χρήστος, Οικονόμου Σ. Γεώργιος (2004) Μέθοδοι Προβλέψεων και Ανάλυσης Αποφάσεων.
- Πετρόπουλος Φ., Ασημακόπουλος Β., (2011). Επιχειρησιακές Προβλέψεις, εκδόσεις συμμετρία, Αθήνα.
- Φλαμπούρη Βαρβάρα 2020 Βελτιστοποίηση της διαδικασίας διαχείρισης αποθεμάτων μέσω της χρήσης προηγμένων αλγορίθμων πρόβλεψης.
- R Documentation and manuals www.rdocumentation.org
- Βλάχος, Δ. (2005) «Διαχείριση αποθεμάτων, Σημειώσεις στο μάθημα Διαχείριση Αποθεμάτων και Διανομή Προϊόντων». Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Αγουρογιάννη (2018) Διαχείριση Αποθεμάτων και τυχαία ζήτηση
- Rob J Hyndman , George Athanasopoulos “Forecasting: Principles and Practice “
- Fildes, R. and Beard, C. (1992), “Forecasting systems for production and inventory control”, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 12 No. 5.
- Joanne S. Utley and J. Gaylord May “A comparison of combination forecasts for cumulative demand”
- Carol Lee Stamm, Damodar Y. Golhar, Wayland P. Smith “Inventory Control Practices in Manufacturing Firms”
- Ασκούνης, Δ. (2016) Σημειώσεις στην Διοίκηση Παραγωγής και Συστημάτων Υπηρεσιών: Διαχείριση αποθεμάτων. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Εμίρης, Δ. (2012) Σημειώσεις στο μάθημα Συστήματα Αποθεμάτων. Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- Silver A. Edward, Pyke F. David, Thomas J. Douglas (2016) Inventory and Production Management in Supply Chains, 4th Edition, CRC Press
- Καββαδίας Κωνσταντίνος. (2019). Πρόβλεψη ζήτησης και προγραμματισμός παραγωγής.
- Σεργέδος, Κ. (2020). Πρόβλεψη Ζήτησης σε καταστήματα λιανικής με μεθόδους ιεραρχικής συνάθροισης και τεχνικές μηχανικής μάθησης.
- Μονάδα Προβλέψεων και Στρατηγικής - Τεχνικές Προβλέψεων (fsu.gr)

- Steven Nahmias, T. L. (2015(7th edition)). Production and Operations Analysis. Waveland Press, Inc.
- Syntetos, Aris A., & Boylan, J. E. (2006). On the stock control performance of intermittent demand estimators. *International Journal of Production Economics*, 103(1), 36–47.
- Boylan, J.E., & Syntetos, A. A. (2007). The accuracy of a Modified Croston procedure. *International Journal of Production Economics*.
- Brown, R. (1959). *Statistical forecasting for inventory control*. McGraw-Hill.