



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
UNIVERSITY OF PIRAEUS

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ (MBA)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Σύγχρονα Συστήματα Πρόβλεψης Ζήτησης και
Διαχείρισης Αποθεμάτων**

Παπαδοπούλου Ελένη Άννα

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Κοπανάκη Ευαγγελία

ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

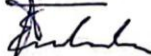
«Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία για τη λήψη του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών, του Πανεπιστημίου Πειραιώς, στη Διοίκηση Επιχειρήσεων : MBA» με τίτλο:

«Σύγχρονα Συστήματα Πρόβλεψης Ζήτησης και Διαχείρισης Αποθεμάτων..»

έχει συγγραφεί από εμένα αποκλειστικά και στο σύνολό της. Δεν έχει υποβληθεί ούτε έχει εγκριθεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μεταπτυχιακού προγράμματος ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών, στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό, ούτε είναι εργασία ή τμήμα εργασίας ακαδημαϊκού ή επαγγελματικού χαρακτήρα.

Δηλώνω επίσης υπεύθυνα ότι οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας, αναφέρονται στο σύνολό τους, κάνοντας πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου»

Υπογραφή Μεταπτυχιακού Φοιτητή Ονοματεπώνυμο

Παπαδοπούλου... Ελένη.. Άννα 

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω την ειλικρινή μου ευγνωμοσύνη στους ανθρώπους που με στήριξαν και ενθάρρυναν σε όλη αυτήν τη διαδρομή.

Αφιερώνω αυτό το έργο στους γονείς μου, τον αδερφό μου και τον σύντροφό μου οι οποίοι υπήρξαν το στήριγμά μου σε κάθε βήμα αυτής της προσπάθειας. Η πίστη τους στις ικανότητές μου αποτελεί την κινητήρια δύναμη στην επίτευξη των στόχων μου.

Ευχαριστώ θερμά την καθηγήτρια μου, Κοπανάκη Ευαγγελία, για την πολύτιμη καθοδήγηση και την αμέριστη υποστήριξή της κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας.

Περίληψη

Στο σημερινό γρήγορο επιχειρηματικό περιβάλλον, η τεχνολογία διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο βοηθώντας τις εταιρείες να διαχειρίζονται αποτελεσματικά το απόθεμά τους. Με τα σωστά εργαλεία και συστήματα, οι επιχειρήσεις μπορούν να βελτιώσουν την ακρίβεια, την αποτελεσματικότητα καθώς και τη συνολική απόδοσή τους στη διαχείριση αποθεμάτων. Μέσα από την παρακάτω ανάλυση του θεωρητικού μέρους προσδιορίζονται τα πληροφοριακά συστήματα τα οποία βοηθούν στην αυτοματοποίηση και την ανάλυση δεδομένων καθώς και στην παρακολούθηση και πρόβλεψη της ζήτησης των αποθεμάτων σε πραγματικό χρόνο. Το πρόβλημα της πρόβλεψης ζήτησης εμπορευμάτων ανάγεται σε πρόβλημα διαχείρισης αποθεματικού και εν συνεχεία σε πρόβλημα ανάλυσης χρονοσειρών. Στη συνέχεια, στο ερευνητικό μέρος, επιχειρείται η εφαρμογή κλασικών μεθόδων πρόβλεψης με τη χρήση κινούμενου μέσου όρου και εκθετικής εξομάλυνσης, όπου λαμβάνονται υπόψη και οι περιπτώσεις παρουσίας τάσης και εποχικότητας. Κινούμενοι στο πλαίσιο παράδοσης μιας ολικής λύσης διαχείρισης αποθεμάτων καθορίζεται μια συστηματική μέθοδος επιλογής βέλτιστης μεθόδου πρόβλεψης, ανάλογα με τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την προεργασία των ιστορικών δεδομένων ζήτησης, τα οποία αποτελούν προαπαιτούμενο οποιασδήποτε μεθόδου πρόβλεψης. Η εργασία ολοκληρώνεται με την παράθεση των βασικών συμπερασμάτων καθώς και με τη βιβλιογραφία.

Abstract

In today's fast-paced business environment, technology plays a critical role in helping companies manage their business effectively. With the right tools and systems, businesses can improve their inventory management accuracy, efficiency and their overall performance. Through the following analysis presented in the third chapter, information systems that assist in automation and data analysis are identified as well as real-time inventory demand monitoring and forecasting.

Some of the systems mentioned are used as business resource management information systems, the production resource planning and the warehouse and transport management system. The problematic commodity demand problem boils down to inventory management problems and then to time series analysis problems.

In the main research part of current thesis, an attempt is made to apply classical reflection methods using moving average and exponential smoothing, where the cases of presence of trend and seasonality are also taken into account. Moving in the framework of delivery of a total inventory management solution, a systematic method of selecting the optimal reflection method is determined, depending on the results obtained from the pre-processing of the historical demand data, which are a prerequisite of any forecasting method. The paper concludes with the presentation of the main conclusions as well as the bibliography used.

Πίνακας περιεχομένων

.....	2
Ευχαριστίες	3
Περίληψη.....	4
Abstract	5
Πίνακας Διαγραμμάτων.....	8
Κεφάλαιο 1 ^ο . Βιβλιογραφική ανασκόπηση	9
1.1 Εισαγωγή.....	9
1.1.1 Τα είδη των Αποθεμάτων	12
1.2 Διαχείριση της Ζήτησης.....	14
1.2.1 Πρότυπα ζήτησης	15
1.2.2 Προσδιοριστικοί Παράγοντες Ζήτησης	17
1.3 Αναγκαιότητα Πληροφοριακών Συστημάτων	19
Κεφάλαιο 2. Πληροφοριακά Συστήματα Διαχείρισης Επιχειρησιακών Πόρων ..	24
2.1 Εισαγωγή.....	24
2.1.1 Ιστορία του ERP	26
2.2 Πληροφοριακά συστήματα και Διαχείριση Αποθέματος	27
2.2.1 Σύστημα Προγραμματισμού Απαιτούμενων Υλικών (MRP).....	27
2.2.2 Σύστημα Προγραμματισμού Απαιτούμενων Υλικών (MRP II).....	30
2.2.3 Διαφορές MRP I & MRP II	33
2.3 Προγραμματισμός επιχειρησιακών πόρων (Enterprise Resource Planning -ERP).....	34
2.3.1 Extended Enterprise Resource Planning (ERP II)	35
2.3.2 Cloud-based ERP	36
2.3.3 Συστήματα Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας – SCM Systems.....	37
2.3.4 Συστήματα Διαχείρισης Αποθήκης – WMS	40

2.3.5	Συστήματα Διαχείρισης μεταφορών – TMS.....	43
2.3.6	Συστήματα προηγμένου σχεδιασμού και προγραμματισμού (Advanced Planning and Scheduling-APS)	45
	Κεφάλαιο 3 ^ο Πρόβλεψη ζήτησης.....	49
3.1	Εισαγωγή.....	49
3.1.1	Πρόβλεψη ζήτησης και η διαχείριση των αποθεμάτων.....	51
3.2	Μέθοδοι Πρόβλεψης.....	52
3.2.1	Απλός κινούμενος μέσος όρος.....	53
3.2.2	Απλή εκθετική εξομάλυνση.....	54
3.2.3	Εκθετική εξομάλυνση με γραμμική τάση	55
3.2.4	Εκθετική εξομάλυνση με Εποχικότητα	56
3.2.5	Εκθετική εξομάλυνση με Τάση και Εποχικότητα	56
3.3	Σφάλματα Πρόβλεψης.....	57
	Κεφάλαιο 4. Ερευνητικό μέρος	59
4.1	Εισαγωγή.....	59
4.2	Βάση δεδομένων	59
4.3	Προεργασία δεδομένων	61
4.4	Εφαρμογή κινούμενου μέσου όρου	62
4.5	Εφαρμογή εκθετικής εξομάλυνσης	68
4.6	Εφαρμογή εκθετικής εξομάλυνσης με τάση	73
4.7	Εφαρμογή εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα	78
4.8	Εφαρμογή εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα και τάση	82
	Κεφάλαιο 5. Συμπεράσματα	89
5.1	Μεθοδολογία επιλογής μεθόδου	89
5.2	Συμπεράσματα	90
	Βιβλιογραφία.....	92

Πίνακας Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1 Γραφική παράσταση Ζήτησης προϊόντων – χρόνου σε όλο το διάστημα για το προϊόν 1	62
Διάγραμμα 2 Γραφική παράσταση Ζήτησης – Χρόνου με κινούμενο μέσο όρο δέκα ημερών.....	63
Διάγραμμα 3 Ιστόγραμμα αποθεμάτων κατά το πρώτος έτος με χρήση πρόβλεψης κινούμενου μέσου όρου 10 ημερών	64
Διάγραμμα 4 Το βελτιωμένο ιστόγραμμα αποθεμάτων 1 ^{ου} έτους με χρήση κινούμενου μέσου όρου 10 ημερών	65
Διάγραμμα 5 Ιστόγραμμα αποθεμάτων με τροφοδοσία ανά μήνα για το πρώτο έτος.....	66
Διάγραμμα 6 Εκθετική εξομάλυνση για το πρώτος έτος σύμφωνα με τις παραμέτρους του Πίνακα 2.....	69
Διάγραμμα 7 Εκθετική εξομάλυνση για το πρώτος έτος με συντελεστή $\alpha=0,9$..	71
Διάγραμμα 8 Αποθέματα για το πρώτο έτος με χρήση συντελεστή εξομάλυνσης $\alpha=0,9$	72
Διάγραμμα 9 Εκθετική εξομάλυνση με τάση για το πρώτο έτος χρήσης.....	76
Διάγραμμα 10 Αποθέματα για το πρώτο έτος με χρήση συντελεστών εξομάλυνσης $\alpha=0,9$ και $b=0.2$	77

Κεφάλαιο 1^ο· Βιβλιογραφική ανασκόπηση

1.1 Εισαγωγή

Ο ρόλος των αποθεμάτων είναι υψίστης σημασίας για κάθε επιχείρηση, καθώς η πορεία της προς την επιτυχία ή την αποτυχία είναι συνεχώς εξαρτώμενη με την απόδοσή της στη διαχείριση των αποθεμάτων. Ο όρος αποθέματα αναφέρεται σε οποιοδήποτε αδρανές, οικονομικό μέσο ή πόρο που αποκτά η επιχείρηση και φυλάσσεται στις αποθήκες ώστε να το χρησιμοποιήσει ή να το μεταπωλήσει σε κάποια μελλοντική στιγμή (Δερβιτσιώτης, 1985). Πρωταρχικός σκοπός της κάθε επιχείρησης είναι η επιβίωση της και στη συνέχεια η ανάπτυξή της. Για την πραγματοποίηση αυτών των δυο κύριων ζωτικής σημασίας για την επιχείρηση συνισταμένων πρέπει να υπάρχει σωστός προγραμματισμός, καλή οργάνωση, σωστή διαχείριση, έλεγχος διαδικασιών και συντονισμός ολόκληρης της επιχειρησιακής μονάδας. Αναμφίβολα οι επιχειρήσεις στοχεύουν στην εξυπηρέτηση των αναγκών των πελατών, δηλαδή της ζήτησης, η οποία συνδέεται άμεσα με την ύπαρξη αποθεμάτων. Οι σύγχρονοι πελάτες αναζητούν βελτιωμένα προϊόντα με συντομότερες και ακριβέστερες παραδόσεις με το πιο χαμηλό κόστος (Srinivasan, 2012).

Όλες οι διαδικασίες ώθησης στην αλυσίδα εφοδιασμού εκτελούνται εν αναμονή της ζήτησης των πελατών, λαμβάνοντας υπόψη ότι όλες οι διαδικασίες έλξης εκτελούνται σύμφωνα με τη ζήτηση των πελατών. Για τις διαδικασίες ώθησης, ένας διαχειριστής αποθέματος πρέπει να σχεδιάσει το επίπεδο δραστηριότητας, είτε πρόκειται για παραγωγή, μεταφορά ή οποιαδήποτε άλλη προγραμματισμένη δραστηριότητα. Για τις διαδικασίες έλξης, ο διαχειριστής αποθέματος πρέπει να σχεδιάσει το επίπεδο της διαθέσιμης χωρητικότητας αλλά και του αποθέματος που θα υπάρξει και πόσο χρονικό διάστημα θα καλύψει αυτό τις ανάγκες της επιχείρησης. Αν και το απόθεμα πρέπει να προϋπάρχει της ζήτησης, η πραγματική ζήτηση είναι άγνωστη, επομένως απαιτείται η πρόβλεψη της μελλοντικής ζήτησης για το επιθυμητό μελλοντικό χρονικό διάστημα.

Βάσει της ζήτησης στη συνέχεια ακολουθεί η τοποθέτηση της παραγγελίας συγκεκριμένης ποσότητας για την κάλυψη των αναγκών της επιχείρησης στο διάστημα αυτό. Η παραλαβή της ποσότητας δημιουργεί το απόθεμα στην επιχείρηση (Μαλινδρέτος,2015). Οπότε το απόθεμα δημιουργείται για την κάλυψη του χάσματος ανάμεσα στο χώρο και το χρόνο (time gap -place gap) (Φωλίνας,2014). Μελέτες έχουν δείξει ότι τα αποθέματα κατέχουν περίπου το 40% των συνολικών κεφαλαίων των οργανισμών (Moore, et al., 2003). Εξετάζοντας από τη μακροοικονομική σκοπιά τα αποθέματα, προκύπτει ότι η διακύμανσή τους ακολουθεί τους επιχειρηματικούς κύκλους, αν και υποστηρίζεται ότι είναι η κύρια αιτία τους. Ο λόγος στον οποίο οφείλεται το παραπάνω γεγονός είναι ότι, σε περιόδους οικονομικής ανάπτυξης οι επιχειρήσεις επενδύουν στη δημιουργία και ανάπτυξη αποθεμάτων, ενώ σε περιόδους οικονομικής ύφεσης μειώνουν τα αποθέματά τους για να εξοικονομήσουν πόρους (Βλάχος, 2005). Η ύπαρξη αποθέματος στην αποθήκη της επιχείρησης συνεπάγεται με δύο περιπτώσεις. Ένας μεγάλος όγκος αποθεμάτων έχει ως αποτέλεσμα να μειωθεί η κερδοφορία της επιχείρησης καθώς από οικονομικής απόψεως ο δείκτης της Κυκλοφοριακής Ταχύτητας Αποθεμάτων είναι μικρός, δηλαδή συνδέεται με υπεραποθεματοποίηση, με μείωση της ρευστότητας και με μείωση κερδών. Όταν η μέση στάθμη των αποθεμάτων υπερβαίνει την αντίστοιχη της σταθερής ποσότητας παραγγελίας, τότε παρατηρείται υψηλότερο κόστος διατήρησης αποθεμάτων (Παππής, 1999). Τα υψηλά επίπεδα αποθέματος καταλαμβάνουν χώρο στα εργοστάσια και στα κέντρα διανομής, επιβαρύνοντας έτσι με επιπλέον κόστη την επιχείρηση όπως κόστη αποθήκευσης, κόστη ασφάλισης ή ακόμη και κόστη καταστροφής αν το απόθεμα έχει ημερομηνία λήξης. Αυτό βεβαίως οδηγεί τόσο σε δυσκολίες της διαχείρισής των αποθεμάτων και κόστος της αποθήκευσής τους όσο και σε κίνδυνο απαξίωση τους. Όσο πιο γρήγορα καταφέρει μια επιχείρηση να μετατρέψει τα αποθέματα της σε μετρητά τόσο πιο ιδανική είναι η θέση της στην αγορά αλλά και διατηρήσιμο το ανταγωνιστικό της πλεονέκτημα.

Σύμφωνα με μια μελέτη που διεξήχθη από τον Όμιλο IHL, οι λιανοπωλητές χάνουν πωλήσεις 1 τρισεκατομμυρίου δολαρίων κάθε χρόνο εξαιτίας αυτού.

Τα αποθέματα μπορούν να συμβούν για πολλούς λόγους, και κάποιοι από αυτούς είναι:

- Ακατάλληλες, αναποτελεσματικές ή ανακριβείς πρακτικές διαχείρισης αποθεμάτων και λειτουργιών.
- Κακή πρόβλεψη ζήτησης και λογιστική απογραφής.
- Διαταραχές στη διαδικασία παραγωγής.
- Αλλαγές στο χρόνο παράδοσης από τους προμηθευτές.
- Προβλήματα εσωτερικής επικοινωνίας.

Αντιθέτως ένας μικρός αριθμός αποθεμάτων οδηγεί σε κίνδυνο αδυναμίας κάλυψης της ζήτησης των πελατών με αποτέλεσμα όχι μόνο τη δυσαρέσκειά τους αλλά και τη στροφή της προτίμησής τους σε κάποιον ανταγωνιστή. Οπότε είναι ιδιαίτερη κρίσιμη η ύπαρξη αποθέματος την κατάλληλη χρονική στιγμή. Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία συμπεραίνεται ότι το συνολικό επίπεδο αποθέματος θεωρείται ένα μέτρο απόδοσης της αλυσίδας ανεφοδιασμού της κάθε εταιρείας και συμβάλει ουσιαστικά στη μείωση και τον έλεγχο του συνολικού κόστους.

1.1.1 Τα είδη των Αποθεμάτων

Αν και οι στρατηγικές που ακολουθεί κάθε επιχείρηση καθώς και οι αποφάσεις που λαμβάνονται για να οδηγηθούν στον καλύτερο τρόπο διαχείρισης αποθεμάτων είναι διαφορετικές, υπάρχουν κάποιοι συγκεκριμένοι τύποι αποθεμάτων, όπου διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο δημιουργίας τους, που χρησιμοποιούνται από κάθε επιχείρηση ανάλογα από τις ανάγκες που προκύπτουν.

Το **κυκλικό απόθεμα** είναι η ποσότητα του αποθέματος που εφαρμόζει μια επιχείρηση για να ικανοποιήσει την κανονική προσφορά ή ζήτηση αποθέματος κατά τη διάρκεια μιας δεδομένης περιόδου. Αποτελείται από τα προϊόντα που θα χρησιμοποιηθούν πρώτα για την εκπλήρωση των παραγγελιών των πελατών στον τυπικό επιχειρηματικό κύκλο μιας εταιρείας. Αυτά τα είδη πωλούνται συνεχώς και αναπληρώνονται τακτικά, δίνοντάς τους το όνομα του αποθέματος κύκλου. Το απόθεμα κύκλου υπάρχει επειδή η παραγωγή ή η αγορά σε μεγάλες παρτίδες επιτρέπει σε ένα στάδιο της αλυσίδας εφοδιασμού να εκμεταλλευτεί οικονομίες κλίμακας και συνεπώς χαμηλότερο κόστος (Chopra, 2012). Η παρουσία σταθερών εξόδων που σχετίζονται με την παραγγελία και τη μεταφορά, οι εκπτώσεις ποσότητας στην τιμολόγηση προϊόντων, καθώς και οι βραχυπρόθεσμες εκπτώσεις ή προσφορές, ενθαρρύνουν διαφορετικά στάδια μιας εφοδιαστική αλυσίδα για την εκμετάλλευση οικονομιών κλίμακας και παραγγελίας σε μεγάλες παρτίδες (Chopra, 2012).

Το **απόθεμα ασφαλείας** χρησιμοποιείται συνήθως όταν η πραγματική ζήτηση υπερβαίνει μια πρόβλεψη πωλήσεων ή εάν η παραγωγή είναι μικρότερη από την προγραμματισμένη. Οι εποχιακές διακυμάνσεις προσφοράς και ζήτησης ενδέχεται να απαιτούν από τις εταιρείες να διατηρούν απόθεμα ασφαλείας σε ολόκληρη τη διάρκεια των επιχειρηματικών τους κύκλων. Ο κύριος στόχος του αποθέματος ασφαλείας είναι να διασφαλίσει την ύπαρξη επαρκούς προϊόντος για τον πελάτη. Ως εκ τούτου, η επιλογή του αποθέματος ασφαλείας συνεπάγεται με την αντιστάθμιση μεταξύ του κόστους της ύπαρξης υπερβολικού αποθέματος και του κόστους της απώλειας πωλήσεων λόγω της έλλειψης επαρκούς ποσότητας

αποθεμάτων. Με βάση το μέγεθος της επιχείρησης, τον όγκο και τα είδη των αποθεμάτων που διαθέτει, το όριο του αποθέματος ασφαλείας γίνεται να προσδιοριστεί με τους παρακάτω τρόπους (Βλάχος, 2005):

- Εμπειρικά (απόθεμα ασφαλείας = μέση ζήτηση N περιόδων)
- Στατιστικά (με βάση τις πιθανότητες ή ποσοστά ελλείψεων)
- Οικονομικά (ελαχιστοποίηση συνολικού κόστους)

Το **απόθεμα αναμονής** είναι τα αγαθά που διατηρούνται για να ληφθούν υπόψη οι αναμενόμενες αυξήσεις της ζήτησης. Αυτές οι προβλεπόμενες αυξήσεις στη ζήτηση μπορεί να οφείλονται σε εποχικότητα, διακοπές, τρέχοντα γεγονότα ή τάσεις. Ουσιαστικά δημιουργείται για να απορροφήσει την ανόμοια ζήτηση που προκύπτει σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Τα αποθέματα αναμονής δημιουργούνται από μια επιχείρηση όχι για να καλύψουν άμεσες ανάγκες, αλλά για να καλύψουν απαιτήσεις στο πιο μακρινό μέλλον (Muckstadt & Saprà, 2010). Σε ένα περιβάλλον παραγωγής, για παράδειγμα, οι άμεσες ανάγκες θα μπορούσαν να είναι οι τρέχουσες παραγγελίες που πρέπει να εκπληρωθούν ή αυτές που αναμένεται να εκπληρωθούν απαιτούνται εντός ενός χρονικού ορίου παραγωγής. Σε επιχειρήσεις με εποχικές απαιτήσεις, μπορεί να πραγματοποιηθεί παραγωγή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους για τη δημιουργία αποθεμάτων που προβλέπεται να εξαντληθούν σε λίγες εβδομάδες ή μήνες. Η συσσώρευση συμβαίνει επειδή η παραγωγική ικανότητα δεν είναι ικανή να καλύψει τη ζήτηση τη στιγμή που εμφανίζεται (Muckstadt & Saprà, 2010)

Απόθεμα σε κίνηση, αναφέρεται στις μονάδες που βρίσκονται σε διέλευση μεταξύ τοποθεσιών. Ουσιαστικά, είναι ό,τι αντικείμενα δεν έχουν αγοραστεί ακόμα και δεν βρίσκονται ακόμη στον προορισμό «πώλησης» τους. Το μέγεθος των αποθεμάτων κίνησης ταυτίζεται με τη μέση τιμή της ζήτησης κατά τη χρονική διάρκεια που απαιτείται μεταξύ δυο παρεληφθισών παραγγελιών (Ιωάννου, 2005). Το απόθεμα υπό διαμετακόμιση είναι ανεξάρτητο από τη συχνότητα μεταφοράς και επομένως και ανεξάρτητο από το μέγεθος της παρτίδας μεταφοράς (Stadtler & Kilger, 2004).

1.2 Διαχείριση της Ζήτησης

Η διαχείριση και η κατανόηση της ζήτησης βοηθάει την επιχείρηση να εξάγει σημαντικά συμπεράσματα για τη συμπεριφορά των καταναλωτών. Ζήτηση ορίζεται η συναρτησιακή σχέση που συνδέει την ποσότητα ενός αγαθού που ενδιαφέρεται ο καταναλωτής να αποκτήσει και την τιμή που είναι πρόθυμος να πληρώσει για αυτό (Λιαργκοβάς Π, Κορρές Γ, 2009). Οι συνεχείς ασυνέπειες και οι αλλαγές στις συνθήκες της αγοράς που απαιτούν γρήγορες ενέργειες, κάνουν τον σχεδιασμό της ζήτησης σημαντικά ωφέλιμο για τις επιχειρήσεις και διαμορφώνουν μια κρίσιμη διαδικασία για να αντιμετωπιστούν οι αλλαγές στο εκάστοτε περιβάλλον (Makatsoris & Chang 2004). Ουσιαστικά είναι ένας παράγοντας που δίνει τη δυνατότητα στις εταιρείες να οραματιστούν καινοτόμες ιδέες για να αυξήσουν τη ζήτηση στην αγορά στην οποία απευθύνονται, επομένως η κατανόηση της είναι πολύ σημαντική για μια επιχείρηση. Βασικό χαρακτηριστικό ενός ευκίνητου οργανισμού είναι η ικανότητα του να αξιοποιήσει την αλλαγή ως ευκαιρία (Goldman & Nagel, 1993). Ο βασικός στόχος της Διαχείρισης της Ζήτησης είναι να συντονίζει και να ελέγχει όλες τις πηγές της ζήτησης με αποτέλεσμα να μεγιστοποιηθεί η αποδοτικότητα του παραγωγικού συστήματος. Οι παράγοντες που μπορούν να την επηρεάσουν μπορεί να είναι εξωτερικοί όπως για παράδειγμα η συμπεριφορά των καταναλωτών ή το εισόδημά τους, ή εσωτερικοί, οι οποίοι μπορεί να σχετίζονται με το ίδιο το προϊόν ή την προώθησή του. Επιπλέον οι προτιμήσεις των καταναλωτών μεταξύ διαφορετικών αγαθών είναι ο πιο σημαντικός καθοριστικός παράγοντας της ζήτησης. Η ύπαρξη και οι τιμές άλλων καταναλωτικών αγαθών που είναι υποκατάστατα ή συμπληρωματικά προϊόντα μπορούν να τροποποιήσουν κατά μεγάλο βαθμό τη ζήτηση τους από τον τελικό πελάτη.

1.2.1 Πρότυπα ζήτησης

Όταν απεικονίζεται η ζήτηση των προϊόντων με βάση τα ιστορικά δεδομένα, συχνά παρατηρούνται τα ακόλουθα μοτίβα:

Τάση – Η τάση είναι ένα συνεπές ανοδικό ή πτωτικό μοτίβο κίνησης της ζήτησης. Αυτή μπορεί να σχετίζεται με τον κύκλο ζωής του προϊόντος ή γενικότερα να οφείλεται σε αλλαγές της τεχνολογίας του πληθυσμού ή της οικονομίας. Με τις αγορές όμως και τις προσδοκίες των πελατών να αλλάζουν γρήγορα, οι αλυσίδες εφοδιασμού όχι μόνο πρέπει να ανταποκριθούν αλλά να προβλέψουν τις νέες τάσεις (Stadtler & Kilger,2004).

Κύκλος - Ένας κύκλος είναι ένα μοτίβο στα δεδομένα που περιέχει επαναλαμβανόμενες κινήσεις προς τα πάνω και προς τα κάτω, αποτελούμενος από τέσσερις φάσεις:

- Η φάση της ανόδου ή επέκτασης
- Η φάση της ευημερίας
- Η φάση της κρίσης ή συρρίκνωσης
- Η φάση της ύφεσης

Οι κύκλοι παρουσιάζονται λόγω αλληλεπιδράσεων των πολυάριθμων παραγόντων που επηρεάζουν την οικονομία και τείνει να διαρκεί περισσότερο από ένα έτος. Συχνά, σχετίζονται με γεγονότα όπως τα επιτόκια, την εμπιστοσύνη των καταναλωτών ή άλλους παράγοντες της αγοράς. Εμφανίζονται όταν υπάρχουν άνοδοι και πτώσεις που δεν είναι καθορισμένης περιόδου. Η μέση διάρκεια ενός κύκλου είναι συνήθως μεγαλύτερο από αυτό της εποχικότητας και το μέγεθος ενός κύκλου είναι συνήθως πιο μεταβλητή από εκείνη της εποχικότητας (Μακριδάκης,2008).

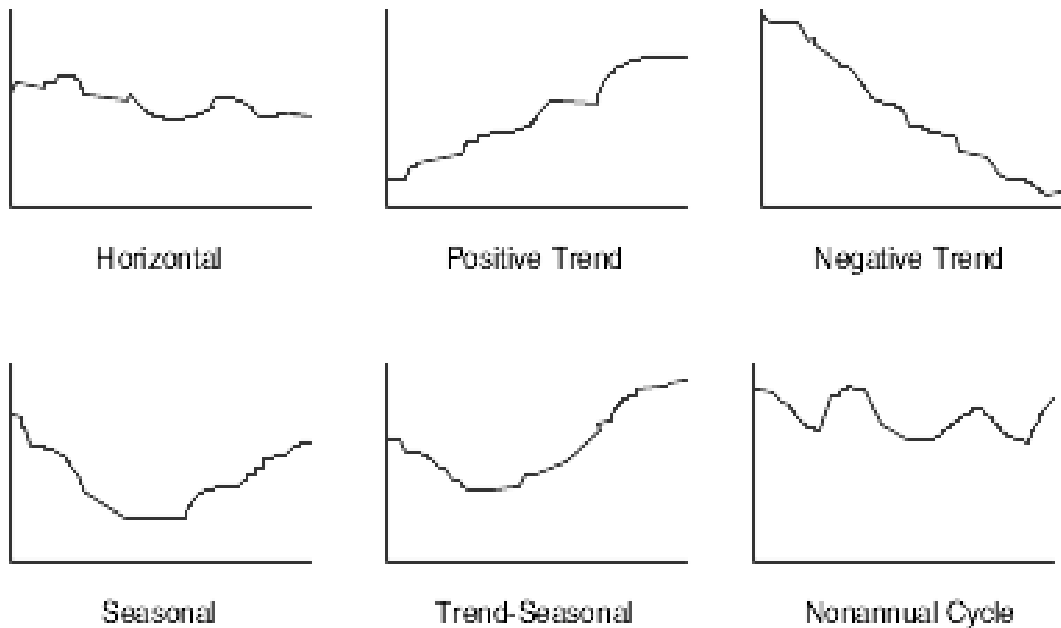
Εποχικότητα - Πολλά προϊόντα έχουν εποχιακό μοτίβο, γενικά προβλέψιμες αλλαγές στη ζήτηση που επαναλαμβάνονται κάθε χρόνο. Ένα εποχιακό (S) μοτίβο υπάρχει όταν μια σειρά επηρεάζεται από εποχιακούς παράγοντες για παράδειγμα το τρίμηνο του έτους, ο μήνας ή ημέρα της εβδομάδας (Μακριδάκης,2008).

Πωλήσεις προϊόντων όπως αναψυκτικά, πάγος, οι κρέμες και η οικιακή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζουν όλα αυτά ένα τύπο μοτίβου. Τα στοιχεία της μπίρας δείχνουν εποχικότητα με κορύφωση σε παραγωγή τον Νοέμβριο και τον Δεκέμβριο στο πλαίσιο προετοιμασίας για τη περίοδο των Χριστουγέννων κάθε χρόνο. Μερικές φορές ονομάζονται και εποχικές σειρές «περιοδικά» αν και δεν επαναλαμβάνονται ακριβώς περιοδικά κάθε περίοδο (Μακριδάκης, 2008). Οπότε κάθε φορά που η συμπεριφορά μιας χρονικής σειράς επηρεάζεται κατά ένα χρονικό διάστημα από το ημερολόγιο, το ονομάζουμε εποχιακό.

Αν και η εποχικότητα με το μοτίβο του κύκλου πολλές φορές συγχέονται σαν έννοιες, γενικότερα είθισται να χρησιμοποιείτε η λέξη εποχικότητα για πράγματα που ποικίλλουν ανάλογα με την εποχή του έτους ή με επαναλαμβανόμενα ετήσια γεγονότα ενώ η κυκλικότητα για μη ετήσιους κανονικούς κύκλους. Βέβαια και οι δύο έννοιες εκφράζουν ακανόνιστα скаμπανεβάσματα, όπως ο επιχειρηματικός κύκλος ή ένας κύκλος ζωής προϊόντος ή κάποια σεζόν. Η κύρια διάκριση μεταξύ ενός εποχιακού και ενός κυκλικού μοτίβου είναι ότι το πρώτο έχει σταθερό μήκος και επαναλαμβάνεται σε τακτική περιοδική βάση, ενώ το τελευταίο ποικίλλει σε μήκος.

Ακανόνιστες και τυχαίες παραλλαγές - Συχνά η ζήτηση μπορεί να επηρεαστεί από ένα γεγονός ή μια σειρά γεγονότων που δεν αναμένεται να επαναληφθούν στο μέλλον. Παραδείγματα μπορεί να περιλαμβάνουν ένα ακραίο καιρικό γεγονός, μια απεργία ή μια διακοπή ρεύματος. Οι τυχαίες παραλλαγές είναι οι ανεξήγητες διακυμάνσεις της ζήτησης που παραμένουν αφού ληφθούν υπόψη όλοι οι άλλοι παράγοντες. Συχνά αυτό αναφέρεται ως θόρυβος.

Εικόνα 1. Six Typical Demand Patterns



Πηγή: https://docs.oracle.com/cd/E16582_01/doc.91/e15111/und_forecast_levels_methods.htm#EOAFM00167

1.2.2 Προσδιοριστικοί Παράγοντες Ζήτησης

Οι πέντε κύριοι παράγοντες της ζήτησης σύμφωνα με άρθρο που δημοσιεύτηκε στο economicsdiscussion.net είναι οι παρακάτω:

Προτιμήσεις των καταναλωτών για το προϊόν - Οι προτιμήσεις του καταναλωτή επηρεάζουν άμεσα τη ζήτηση ενός προϊόντος. Για παράδειγμα, εάν ένα εμπόρευμα στη μόδα βρίσκεται σε τάση και προτιμάται από τους καταναλωτές, η ζήτηση για ένα τέτοιο εμπόρευμα σίγουρα θα αυξηθεί. Σε αυτό συμβάλουν οι διαφημίσεις και γενικά η προώθηση του προϊόντος όπως και κάποια από τα χαρακτηριστικά του, που ελκύουν τους καταναλωτές.

Εισόδημα των καταναλωτών - Η ζήτηση για αγαθά και υπηρεσίες εξαρτάται επίσης από τα εισοδήματα των καταναλωτών. Όσο μεγαλύτερο είναι το εισόδημα,

τόσο μεγαλύτερη θα είναι η ζήτησή τους. Ωστόσο, η επίδραση της μεταβολής των εσόδων στη ζήτηση εξαρτάται από τη φύση του υπό εξέταση εμπορεύματος. Εάν ένα συγκεκριμένο αγαθό είναι ένα κανονικό αγαθό, τότε η αύξηση του εισοδήματος οδηγεί σε αύξηση της ζήτησής του, ενώ η μείωση του εισοδήματος μειώνει τη ζήτηση. Αλλά αν το δεδομένο εμπόρευμα είναι κατώτερο αγαθό, τότε η αύξηση του εισοδήματος θα μειώσει τη ζήτηση και η μείωση του εισοδήματος οδηγεί σε αύξηση της ζήτησης.

Τιμές των άλλων προϊόντων - Ο λόγος εδώ κυρίως γίνεται για υποκατάστατα και συμπληρωματικά προϊόντα. Ένα υποκατάστατο είναι ένα αγαθό ή μια υπηρεσία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί ενός άλλου αγαθού ή υπηρεσίας. Μια χαμηλότερη τιμή για ένα υποκατάστατο μειώνει τη ζήτηση για το άλλο προϊόν. Άλλα αγαθά είναι συμπληρωματικά μεταξύ τους, πράγμα που σημαίνει ότι τα αγαθά χρησιμοποιούνται συχνά μαζί, επειδή η κατανάλωση ενός αγαθού τείνει να ενισχύσει την κατανάλωση του άλλου.

Προσδοκίες των καταναλωτών - Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει τη ζήτηση αγαθών είναι οι προσδοκίες των καταναλωτών σχετικά με τις μελλοντικές τιμές των αγαθών. Εάν η τιμή ενός συγκεκριμένου εμπορεύματος αναμένεται να αυξηθεί στο εγγύς μέλλον, ο καταναλωτής θα αγοράσει περισσότερο από αυτό το προϊόν από αυτό που συνήθως αγοράζει. Σε αυτήν την περίπτωση, δεν θα χρειαστεί να πληρώσουν υψηλότερο τίμημα στο μέλλον. Ομοίως, όταν οι καταναλωτές αναμένουν ότι στο μέλλον οι τιμές των αγαθών θα μειωθούν, τότε στο παρόν θα αναβάλουν ένα μέρος της κατανάλωσης αγαθών με αποτέλεσμα να μειωθεί η τρέχουσα ζήτηση αγαθών.

Αριθμός αγοραστών - Η ζήτηση για ένα αγαθό επηρεάζεται από την προσθήκη των ατομικών απαιτήσεων του παρόντος καθώς και των μελλοντικών καταναλωτών ενός αγαθού σε διάφορες πιθανές τιμές. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των καταναλωτών ενός αγαθού, τόσο μεγαλύτερη είναι η ζήτηση της αγοράς για αυτό. Η αύξηση των καταναλωτών μπορεί να συμβεί όταν όλο και περισσότερο προτιμώνται τα υποκατάστατα αγαθά από ένα συγκεκριμένο εμπόρευμα και στη συνέχεια ο αριθμός των αγοραστών αντικατάστασης θα αυξηθεί.

1.3 Αναγκαιότητα Πληροφοριακών Συστημάτων

Κάθε πτυχή της διαχείρισης στη σύγχρονη εποχή βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στις νέες τεχνολογίες για να ευδοκιμήσει. Οι μεταβαλλόμενες συνθήκες και περιβάλλοντα έχουν καταστήσει αναγκαία την κατάλληλη διάδοση των πληροφοριών σε διάφορα επίπεδα εταιρικής διαχείρισης. Η ανάπτυξη και χρήση πληροφοριακών συστημάτων δύναται να οδηγήσει σε καλύτερο σχεδιασμό, καλύτερη λήψη αποφάσεων και αποτελεσμάτων στους οργανισμούς. Το πληροφοριακό σύστημα σε μια επιχείρηση είναι το σύστημα το οποίο επεξεργάζεται τα δεδομένα από το εξωτερικό και εσωτερικό της περιβάλλον, με σκοπό τη λήψη σωστών και έγκυρων αποφάσεων της διοίκησης μέσω των πληροφοριών που της παρέχει (Γεωργόπουλος, Κοπανάκη, 2013). Πιο συγκεκριμένα, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ολοένα και περισσότερο από τις περισσότερες επιχειρήσεις η εγκατάσταση και η ενσωμάτωση σύγχρονων πληροφοριακών συστημάτων ERP όπως και εφαρμογών λογισμικού, που έχουν ως στόχο την υποστήριξη όλων των λειτουργιών και επιχειρηματικών διεργασιών της επιχείρησης. Η ανάγκη των επιχειρήσεων για επιβίωση, ανάπτυξη, αύξηση της αποδοτικότητας και του ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος οδήγησε στην αυτοματοποίηση και βελτιστοποίηση των διαδικασιών μέσω ενός ολοκληρωμένου συστήματος που διαχέει ταχύτατα ποιοτική πληροφορία ανάμεσα στα διαφορετικά τμήματα της επιχείρησης. Τα πληροφοριακά συστήματα αποτελούν τη γεφύρωση για την αρμονική συνεργασία του ανθρώπινου παράγοντα, των δεδομένων, των διαδικασιών και τεχνολογιών πληροφορίας και των επικοινωνιών. Η αύξηση της παραγωγικότητας των εργαζομένων, είναι αλληλεξαρτώμενη από τα είδη και την ποιότητα των πληροφοριακών συστημάτων στον οργανισμό (Amos, 2023).

Σύμφωνα με τον Mohamed (2018), οι διοικήσεις βρίσκονται σήμερα αντιμέτωπες με έναν επιταχυνόμενο ρυθμό περιβαλλοντικών αλλά και τεχνολογικών αλλαγών και ένα όλο και πιο περίπλοκο περιβάλλον. Οι διαχειριστές χρειάζονται σχετικές πληροφορίες, που να αυξάνουν τις γνώσεις τους και να μειώνουν την αβεβαιότητά τους. Χωρίς σχετικές πληροφορίες, καμία επιχείρηση δεν μπορεί να λειτουργήσει αποτελεσματικά, γεγονός που εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εσωτερική απόδοση των πόρων του οργανισμού. Για να καταδειχθεί η χρήση ενός συστήματος πληροφοριών διαχείρισης της απόδοσης των πόρων, είναι βασική η χρήση ενός πληροφορικού συστήματος (Mohamed, 2018).

Η σημασία λοιπόν των πληροφοριακών συστημάτων για τη διοίκηση είναι μεγάλη καθότι στους περισσότερους οργανισμούς, η διοίκηση προσπαθεί να λάβει αποφάσεις, να προετοιμάσει σχέδια και να ελέγξει τις δραστηριότητες χρησιμοποιώντας πληροφορίες που λαμβάνει από επίσημες πηγές, όπως για παράδειγμα, το πληροφορικό σύστημα του οργανισμού. Η καρδιά ενός αποτελεσματικού πληροφοριακού συστήματος, είναι μια προσεκτικά σχεδιασμένη βάση δεδομένων και τα χαρακτηριστικά του στην πράξη περιλαμβάνουν:

- την εστίαση στην πληροφόρηση
- τη διαρθρωμένη ροή πληροφοριών
- την ολοκλήρωση των εργασιών επεξεργασίας δεδομένων ανά επιχειρηματική λειτουργία
- την έρευνα και δημιουργία αναφορών.

Ο Amos (2023), αναφέρει στη μελέτη του ότι η παρακολούθηση και η αξιολόγηση της ροής πληροφοριών αποτελούν βασικά συστατικά της αποτελεσματικής διαχείρισης του αποθεματικού, των προγραμμάτων και έργων σε μια επιχείρηση. Τα πληροφοριακά συστήματα και η τεχνολογία διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην παρακολούθηση και αξιολόγηση, παρέχοντας εργαλεία συλλογής, διαχείρισης, ανάλυσης και αναφοράς δεδομένων. Παρέχουν συγκεκριμένα κριτική ανατροφοδότηση στους οργανισμούς σχετικά με την απόδοσή τους, βοηθώντας τους να εντοπίσουν τομείς βελτίωσης και να λάβουν αποφάσεις βάσει δεδομένων.

Αλλά και οι Zengwa & Choga (2016), μελέτησαν τον ρόλο της τεχνολογίας των πληροφοριών στη διαχείριση αποθεμάτων των επιχειρήσεων, με τη χρήση ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων ως ερευνητικές μέθοδοι. Η μελέτη αποκάλυψε ότι η χρήση πληροφοριακών συστημάτων στη διαχείριση αποθεμάτων από τους οργανισμούς ενίσχυσε την επάρκεια των αποθεμάτων μέσω της συνεχούς προετοιμασίας και της διαθεσιμότητας των υλικών σύμφωνα με έγκυρες πληροφορίες από μια συγκεντρωτική βάση δεδομένων. Αυτό συνέβαλε επίσης στην αύξηση της κερδοφορίας και της παραγωγικότητας. Επιπλέον, η χρήση πληροφοριακών συστημάτων βοήθησε στην προώθηση τυποποιημένων ενεργειών διαχείρισης αποθεμάτων, μειώνοντας τον φόρτο εργασίας και ενισχύοντας τη λειτουργία απογραφής. Ωστόσο, η έρευνα κατέδειξε επιπλέον ότι υπάρχουν ακόμη σημεία που πρέπει να βελτιωθούν, αναφορικά με την επάρκεια ολόκληρου του συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων (Zengwa & Choga, 2016).

Παράλληλα, οι Mongare & Nasidai (2014) διερεύνησαν τον αντίκτυπο της τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών στο σύστημα ελέγχου αποθεμάτων σε έναν οργανισμό μεταφορών μέσω ερωτηματολογίων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ως κύρια συλλογή δεδομένων. Διαπιστώθηκε ότι η διαχείριση των αποθεμάτων είναι κρίσιμη για τους εταίρους διότι οι χειρισμοί αποθέματος και οι σχετικές τεχνολογίες εγγυώνται πραγματικές βελτιώσεις στη διαχείριση της απόκτησης και της διαχείρισης της αλυσίδας προμηθειών. Τονίζουν ότι η επένδυση στον έλεγχο αποθεμάτων αποτελεί ευκαιρία και πρόκληση για την ανάπτυξη μιας επιχείρησης και τα ενδιαφερόμενα μέρη, καθότι προσφέρει την ευκαιρία να ενισχυθεί η αποτελεσματικότητα και να αποκτηθεί ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην παροχή υπηρεσιών (Mongare & Nasidai, 2014).

Σύμφωνα με τους Chitiga & Choga (2016), μελετήθηκε ο ρόλος της τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ) στη διαχείριση αποθεμάτων μικρών και μεσαίων επιχειρήσεων, μέσω ποιοτικής προσέγγισης. Η μελέτη ανακάλυψε ότι η χρήση πληροφοριακών συστημάτων στη διαχείριση αποθεμάτων περιορίζεται σε πολύ λίγες λειτουργίες.

Οι επιχειρήσεις έχουν επίγνωση της σημασίας των υπολογιστών στη διαχείριση των αποθεμάτων, αλλά χρειάζονται κατάλληλη γνώση και εμπειρία στην εκτέλεση ορθών κατευθυντήριων γραμμών και δομών αποθεμάτων λόγω της απώλειας χρηματοδοτικών πόρων. Οι κύριες δυσκολίες για την υιοθέτηση των πληροφοριακών συστημάτων στον έλεγχο των αποθεμάτων είναι κατά κύριο λόγο η έλλειψη πόρων και η απώλεια δεξιοτήτων για τη χρήση συστημάτων υπολογιστών. Πρέπει να γίνουν κινήσεις αναγνώρισης της σημασίας των συστημάτων πληροφορικής και οι αρμόδιοι να καταρτίσουν σχέδια για να ενθαρρύνουν τη χρήση τους στις επιχειρήσεις (Chitiga & Choga, 2016).

Φαίνεται συνεπώς πως η ανάπτυξη των πληροφοριακών συστημάτων είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς συμβάλλει σε ένα νέο επίπεδο απαιτούμενων πληροφοριών εταιρικής διαχείρισης. Αυτό το γεγονός έχει οδηγήσει σε μεγάλη ανάπτυξη στη διαχείριση δεδομένων, φέρνοντας παράλληλα σημαντικά πλεονεκτήματα για την αποτελεσματική λειτουργία των τμημάτων μιας επιχείρησης (Mohamed, 2018). Ειδικότερα ο έλεγχος και η διαχείριση των αποθεμάτων είναι πιο αποτελεσματικά μέσω πληροφοριακών συστημάτων καθώς τα αποθέματα αποτελούν από τα μεγαλύτερα κόστη κεφαλαίου των επιχειρήσεων που βασίζεται σε προϊόντα. Τα πληροφοριακά συστήματα βοηθούν στην αποφυγή πολλών δαπανών που σχετίζονται, είτε με την αγορά υπερβολικού αποθέματος, είτε γενικότερα με την διατήρηση ενός υγιούς αποθεματικού. Αυτό συμβαίνει διότι ένα σύστημα πληροφοριών μπορεί να συνδέσει το κόστος αποθέματος με τις πωλήσεις, παρακολουθούνται τα επίπεδα αποθέματος, δείχνοντας πόσο γρήγορα κινούνται τα προϊόντα, προσδιορίζεται η ακριβής αξία αποθέματος και τυχόν αύξηση των πωλήσεων. Επιπλέον, επειδή παρακολουθούνται οι πωλήσεις σε καθημερινή βάση, σε περίπτωση που υπάρξει μια ανοδική τάση, μπορεί μια επιχείρηση να προμηθευτεί έγκαιρα προϊόντα που πωλούνται γρηγορότερα από άλλα, ενώ σε περίπτωση καθοδικής τάσης να καθυστερήσει την παραλαβή εμπορευμάτων ή της παραγωγής.

Αξίζει σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ως παράδειγμα η περίπτωση της Walmart, που αποτελεί τον μεγαλύτερο λιανοπωλητή στη γη. Πρόκειται για μια εταιρία-παράδειγμα της δύναμης των πληροφοριακών συστημάτων σε συνδυασμό με τις σύγχρονες επιχειρηματικές πρακτικές στη διαχείριση για την επίτευξη επιχειρησιακής αποτελεσματικότητας παγκόσμιας κλάσης. Τη χρονική περίοδο 2016, η Walmart πέτυχε πωλήσεις 499 δισεκατομμυρίων δολαρίων - σχεδόν το ένα δέκατο των λιανικών πωλήσεων στις Ηνωμένες Πολιτείες γεγονός που οφειλόταν κατά κύριο λόγο στο σύστημα λιανικής. Η λειτουργικότητα του ήταν να συνδέει ψηφιακά τους προμηθευτές του με όλα τα καταστήματα της Walmart. Μόλις κάποιος πελάτης αγοράσει ένα είδος, ο προμηθευτής που παρακολουθεί το είδος ξέρει να στείλει ένα ανταλλακτικό στο ράφι. Το γεγονός αυτό οδήγησε τη Walmart να είναι το πιο αποτελεσματικό κατάστημα λιανικής στον κλάδο χάρη της αποτελεσματικής χρήσης του πληροφοριακού συστήματος από την εταιρεία αλλά και την ταχύτητα και την ευελιξία που της προσέφερε με αποτέλεσμα την τελική ευχαρίστηση των πελατών και την άνθηση της κερδοφορίας στην επιχείρηση.

Κεφάλαιο 2. Πληροφοριακά Συστήματα Διαχείρισης Επιχειρησιακών Πόρων

2.1 Εισαγωγή

Το Πληροφοριακό Σύστημα Διαχείρισης Επιχειρησιακών Πόρων (Enterprise Resource Planning -ERP) είναι βασικό εργαλείο τόσο για μεγάλους όσο και για μικρομεσαίους οργανισμούς επιχειρήσεων στην σημερινή εποχή του επιχειρηματικού ανταγωνισμού. Το πληροφοριακό σύστημα διαχείρισης επιχειρησιακών πόρων (ERP) είναι ένα πακέτο λογισμικού που ενσωματώνει ολόκληρο το σύστημα μιας επιχείρησης και παρέχει μια ομαλή ροή πληροφοριών σε ολόκληρο τον οργανισμό. Είναι μια διαμορφώσιμη αρχιτεκτονική λογισμικού μιας κεντρικής βάσης δεδομένων που ενσωματώνει τη ροή πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο εντός και μεταξύ όλων των λειτουργικών περιοχών της επιχείρησης. Ένα σύστημα ERP μπορεί και παρέχει υποστήριξη σε όλες τις επιχειρησιακές λειτουργίες, συμβάλλοντας έτσι στην υλοποίηση ενός ενοποιημένου προγραμματισμού αξιοποίησης και παρακολούθησης πόρων. Οι πόροι μιας επιχείρησης μπορεί να είναι τα μηχανήματα, τα υλικά, οι πρώτες ύλες, το ανθρώπινο δυναμικό κ.α. και μέσα από την ορθή παρακολούθηση των πόρων, επιτυγχάνεται η αποτελεσματική εξυπηρέτηση πελατών και η καλύτερη απόδοση (Al-Amin Md. et al., 2023).

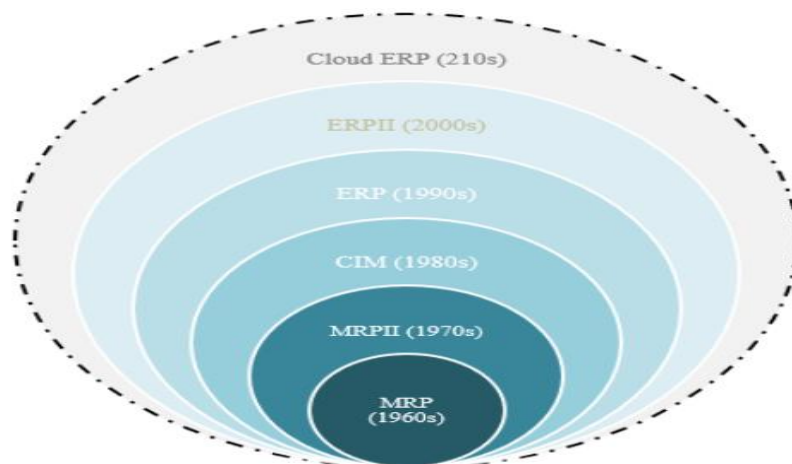
Παράλληλα, έχει αναγνωριστεί ως ένα αποτελεσματικό σύνολο επιχειρηματικών εργαλείων όσον αφορά την ανάπτυξη προϊόντων, τη λογιστική, την απογραφή, τις προμήθειες, την παραγωγή, τον προγραμματισμό, τους ανθρώπινους πόρους, τη διαχείριση υλικών, τις πωλήσεις και το μάρκετινγκ. Στη σημερινή εποχή, είναι απαραίτητη η ενσωμάτωση εξατομικευμένης και προσαρμοσμένης συνδεσιμότητας και συνεργασίας τεχνολογίας και πληροφοριών. Ο μελλοντικός στόχος του ελέγχου και της σύνδεσης του Συστήματος Εκτέλεσης Παραγωγής (MES) με ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο πληροφοριών θεωρείται ότι είναι εφικτός μέσω του ERP. Το προηγμένο ερευνητικό παράδειγμα του Internet of Things

(IoT), της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI), των έξυπνων αλγορίθμων, της Ανάλυσης Δεδομένων Μηχανικής (EDA), της Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (SCM) και της Διαχείρισης Αλυσίδας Σχεδιασμού (DCM) είναι μερικά παραδείγματα που μπορούν να ενσωματωθούν στο μελλοντικό ERP (Oztemel & Gursev, 2018). Λόγω της συνεχιζόμενης επιτυχίας αυτού του εργαλείου που βασίζεται σε λογισμικό για την επέκταση μιας ενοποιημένης δομής πληροφορικής εντός της επιχείρησης, οι επιχειρήσεις επενδύουν όλο και περισσότερο για να το εφαρμόσουν για ανώτερη επιχειρηματική απόδοση. Επιπλέον, μέσα από την συνεχόμενη εξέλιξη των τεχνολογιών στην βιομηχανία, τίθεται η αναγκαιότητα αδιάλειπτης συνδεσιμότητας πληροφοριών και μηχανών στον επιχειρηματικό τομέα (Al-Amin et al., 2021). Ωστόσο, εκτός από πολλά πλεονεκτήματα, υπάρχουν ορισμένες βασικές προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι επιχειρήσεις ως σημαντικά εμπόδια, όπως το υψηλότερο κόστος, η ασφάλεια των δεδομένων, η μακρά διαδικασία υλοποίησης και η αντίσταση στον χειρισμό τροποποιήσεων που σχετίζονται με το ERP (Ghobakhloo & Tang, 2018). Παρ'όλα αυτά, το ERP εξακολουθεί να έχει πολλές απτές και άυλες προοπτικές να προσφέρει στο σύγχρονο και μελλοντικό επιχειρηματικό συγκρότημα, αξιολογώντας και εντοπίζοντας περισσότερες επιλογές για να ανταγωνιστεί τις προκλήσεις της Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης. Η Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση (Industry 4.0) είναι η επόμενη φάση στην ψηφιοποίηση, που καθοδηγείται από ανατρεπτικές τάσεις, όπως η άνοδος των δεδομένων και της συνδεσιμότητας, η ανάλυση, η αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής και οι βελτιώσεις στη ρομποτική. Συγκεκριμένα στο τομέα της παραγωγής και της εφοδιαστικής αλυσίδας, αντιπροσωπεύει την ανατρεπτική αλλαγή που προκαλείται από την επέκταση του Internet of Things-IoT και από τα Cyber-Physical Systems. Ο όρος περιλαμβάνει καινοτομίες όπως έξυπνα προϊόντα και διαδικασίες, βαθύτερη ενοποίηση στην αλυσίδα εφοδιασμού και ψηφιακές τεχνολογίες στην παραγωγή. Οι τελευταίες ενημερώσεις σχετικά με τις σχετικές τεχνολογίες και τις επερχόμενες τάσεις αποτελούν πάντα αντικείμενο έρευνας ERP.

2.1.1 Ιστορία του ERP

Σύμφωνα με τους Al-Amin Md. et al., (2023), τα πληροφοριακά συστήματα δεν αποτελούν μια μεμονωμένη ανάπτυξη πακέτων λογισμικού. Ξεκίνησε η ανάπτυξη τους μέσω κάποιων άλλων αρχικών εξελίξεων λογισμικού που έτυχε να χρησιμοποιηθούν στη βιομηχανία μεταξύ 1950 και 1980. Η τρέχουσα κατάσταση του ERP είναι η χρονολογικά αναπτυγμένη και ολοκληρωμένη έκδοση του λογισμικού σχεδιασμού απαιτήσεων υλικού (MRP) (1950), MRP II (1970) και ολοκληρωμένης κατασκευής μέσω υπολογιστή (CIM) (1980) (Εικόνα 2. Χρονολογική εξέλιξη του ERP). Οι Rashid et al. (2002), ανέφεραν ότι μεταξύ των τελών της δεκαετίας του 1980 και των αρχών της δεκαετίας του 1990, το ERP εισήλθε στην αγορά με βάση την ίδρυση των MRP, MRPII και CIM με τη δύναμη του συντονισμού των επιχειρηματικών διαδικασιών που περιλαμβάνουν την κατασκευή, τη διανομή, τη λογιστική, την οικονομική, τη διαχείριση έργων, την απογραφή, τη διαχείριση ανθρώπινων πόρων, την εξυπηρέτηση και τη συντήρηση, μεταφορά. Το σημερινό ERP είναι το αποτέλεσμα της σταδιακής βελτίωσης των προηγούμενων εκδόσεων προσθέτοντας νεότερα τεχνολογικά στοιχεία και επεκτάσεις, όπως προηγμένος σχεδιασμός και προγραμματισμός (APS), λύσεις ηλεκτρονικού επιχειρείν, διαχείριση πελατειακών σχέσεων (CRM) και διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM) (Al-Amin Md. et al., 2023).

Εικόνα 2. Χρονολογική εξέλιξη του ERP



Πηγή: (Al-Amin Md. Et al., 2023)

2.2 Πληροφοριακά συστήματα και Διαχείριση Αποθέματος

2.2.1 Σύστημα Προγραμματισμού Απαιτούμενων Υλικών (MRP)

Το MRP, (Material Requirements Planning ή Material Resource Planning – Προγραμματισμός Απαιτούμενων Υλικών) είναι ένα σύστημα κατά το οποίο είναι δυνατός ο έλεγχος των απαιτούμενων πρώτων υλών και του αποθέματος σε μια επιχείρηση με στόχο την καλύτερη δυνατή επιχειρησιακή λειτουργία και παραγωγή. Το σύστημα MRP βασίζεται σε εξειδικευμένο λογισμικό, και μπορεί να μεταφράζει τις μελλοντικές παραγωγές σε ανάγκες συγκεκριμένων υλικών με βάση ορισμένα κριτήρια, όπως είναι το επίπεδο του τρέχοντος αποθέματος, το χρονικό περιθώριο που απαιτείται μέχρι την παράδοση αλλά και το ελάχιστο αποθεματικό. Μέσα από αυτό το σύστημα μια επιχείρηση μπορεί να προσαρμόζεται ευκολότερα σε μεταβολές της ζήτησης ευκολότερα και γρηγορότερα κρατώντας ένα υγιές απόθεμα.

Η Raqayah (2020), αναφέρει ότι ο προγραμματισμός απαιτήσεων υλικών (MRP) είναι ένα σύστημα προγραμματισμού παραγωγής και διαχείρισης αποθεμάτων που χρησιμοποιείται για τη διαχείριση διαδικασιών εφοδιαστικής αλυσίδας. Έχει σχεδιαστεί για να βοηθά τους διευθυντές παραγωγής στον προγραμματισμό και την τοποθέτηση παραγγελιών για είδη εξαρτημένης ζήτησης. Εάν εφαρμοστεί και χρησιμοποιηθεί σωστά, μπορεί να είναι χρήσιμο για τους διαχειριστές παραγωγής να προγραμματίσουν τις ανάγκες χωρητικότητας και το χρόνο παραγωγής (Raqayah, 2020). Η λογική MRP που αποτελείται από εξελισσόμενα συστήματα MRPII / ERP εξυπηρετούν έναν οργανισμό προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα όσον αφορά το απόθεμα. Αρχικά συμβάλλει στον προσδιορισμό του ακριβούς αριθμού των εξαρτημάτων και των υλικών που απαιτούνται για την παραγωγή κάθε τελικού στοιχείου. Επίσης, βοηθάει στον να προσδιοριστεί το σωστό μέρος, η σωστή ποσότητα και η κατάλληλη στιγμή για την παραγγελία υλικών και ανταλλακτικών ενώ παράλληλα παρέχει το χρονοδιάγραμμα για την παραγγελία υλικών και ανταλλακτικών.

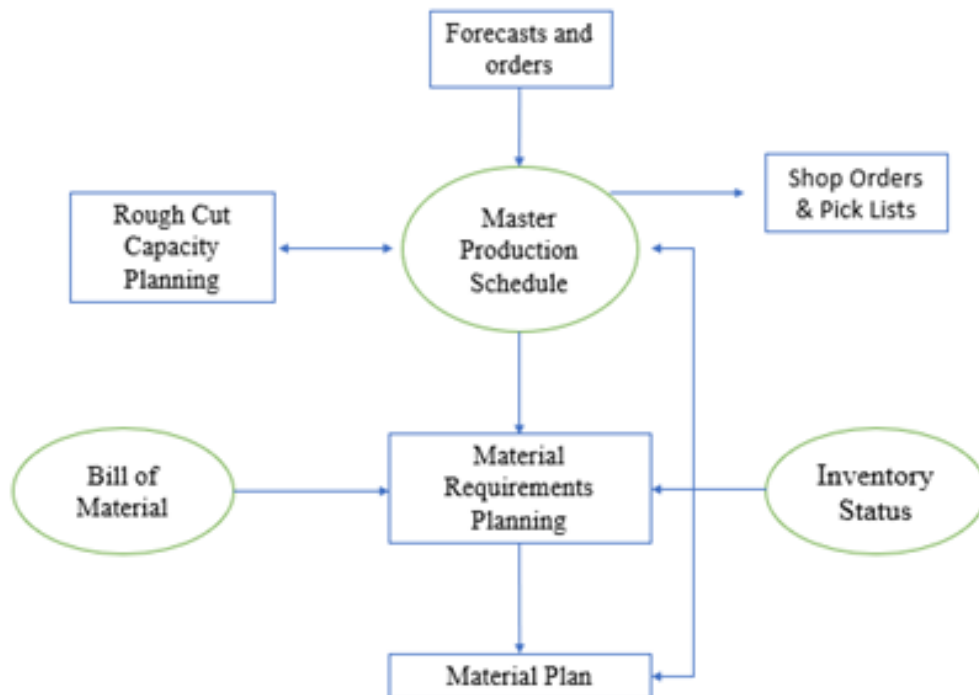
Το MRP έχει τους ίδιους στόχους με οποιοδήποτε σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων και αυτοί είναι η βελτίωση της εξυπηρέτησης πελατών, η ελαχιστοποίηση της επένδυσης αποθέματος και η μεγιστοποίηση της λειτουργικής αποδοτικότητας της παραγωγής (Raqayah, 2020).

Οι Jacobs & Weston (2007), στη μελέτη τους αναφέρουν ότι η εμφάνιση της έννοιας του MRP ξεκίνησε πριν από τη δεκαετία του 1950, μόλις εισήλθε η εφαρμογή υπολογιστών στις επιχειρήσεις, οι οποίες εισήγαγαν τη λογιστική και τη διαχείριση αποθεμάτων. Αργότερα, στις αρχές της δεκαετίας του 1960, αυτή η χρήση αναπτύχθηκε περαιτέρω, προσθέτοντας μαζί της τον λογαριασμό υλικού (BOM) και το σύστημα ελέγχου αποθεμάτων (ICM). Έτσι, το MRP θεωρείται ο πρώτος προκάτοχος του ERP που εξελίχθηκε μετά το 1950 και εξοικειώθηκε στα τέλη του 1960, όταν η υπόθεση IBM και JI εισήγαγαν από κοινού αυτό το λογισμικό για τον προγραμματισμό και τον προγραμματισμό υλικών για την κατασκευή προϊόντων (Jacobs & Weston, 2007). Αυτές οι εφαρμογές λογισμικού διαχείρισης υλικών βοηθούν το επιχειρηματικό σχέδιο για την αγορά και την παραγωγή των εξαρτημάτων για την κατασκευή αντικειμένων στο κύριο πρόγραμμα παραγωγής. Μπορεί να ορίσει την απαιτούμενη ποσότητα υλικών πριν τεθεί σε λειτουργία η παραγωγή, η οποία έχει ελέγξει σε μεγάλο βαθμό τα επίπεδα αποθεμάτων και να βελτιώσει την παραγωγικότητα.

Αρχικά, το σύστημα MRP σχεδιάστηκε για να υποστηρίξει τα πολύπλοκα συστήματα σχεδιασμού παραγωγής στο περιβάλλον παραγωγής. Εκτός από τον προγραμματισμό παραγωγής και την απογραφή, ήταν επίσης σε θέση να βελτιώσει την εξυπηρέτηση πελατών, τον προγραμματισμό παραγωγής και τη μείωση του κόστους κατασκευής. Το MRP υποστηρίζει το πρόγραμμα παραγωγής για να παρέχει τις απαιτήσεις των πρώτων υλών στη σωστή ποσότητα και την κατάλληλη στιγμή και βοηθά το τμήμα παραγωγής να προσαρμοστεί και να ανταποκριθεί στις ξαφνικές ασάφειες παραγωγής, όπως απρόβλεπτες ανάγκες, βλάβες μηχανών, έλλειψη πρώτων υλών και περιττές απορρίψεις (Olaore & Olayanju, 2013).

Όντας μια προηγούμενη έκδοση, το MRP είχε κάποια ελαττώματα και λειτουργικούς περιορισμούς. Αγνοεί τις αβεβαιότητες όσον αφορά τις ποσότητες ζήτησης και προσφοράς. Το MRP δεν ήταν πρακτικό για τα καταστήματα εργασίας ή οποιεσδήποτε συνεχείς διαδικασίες που ήταν στενά συνδεδεμένες. Δεν μπορούσε να λειτουργήσει μέχρι να εφαρμοστούν τρεις κύριες εισροές, όπως το χρονοδιάγραμμα παραγωγής, η δομή του προϊόντος και η κατάσταση αποθέματος (Εικόνα 3). Χρειάστηκε μια μεγάλη ομάδα τεχνικής υποστήριξης για να φροντίσει τον κεντρικό υπολογιστή, ο οποίος ήταν δύσκολο να λειτουργήσει, χρονοβόρος και δαπανηρός στην εφαρμογή με αποτέλεσμα την αποτυχία επίτευξης των οργανωτικών στόχων (Al-Amin Md. et al., 2023).

Εικόνα 3. MRP Process



Πηγή: (Al-Amin Md. Et al., 2023)

2.2.2 Σύστημα Προγραμματισμού Απαιτούμενων Υλικών (MRP II)

Ο προγραμματισμός πόρων παραγωγής (MRP II) είναι η διαδικασία δημιουργίας ενός συστήματος MRP που επιτρέπει στους κατασκευαστές να λογοδοτούν για τις πρώτες ύλες και τους ανθρώπινους πόρους που απαιτούνται για τη διαδικασία κατασκευής τους. Το MRP II αγγίζει τον επιχειρησιακό και οικονομικό σχεδιασμό, αλλά διερευνά επίσης τον σχεδιασμό έκτακτης ανάγκης που δημιουργεί πρόσθετες διαδρομές προς τα εμπρός όταν προκύπτουν ζητήματα.

Δεν υπάρχει ιδιόκτητο λογισμικό που να σχετίζεται με τον προγραμματισμό των πόρων κατασκευής, αλλά σχεδόν όλοι οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν κάποιο είδος λογισμικού για να δημιουργήσουν ένα σύστημα MRP. Το λογισμικό MRP έχει διάφορα στοιχεία που περιλαμβάνουν:

- Ένα κύριο πρόγραμμα παραγωγής
- Τεχνικά χαρακτηριστικά
- Πίνακας υλικών
- Δεδομένα πόρων παραγωγής
- Αποθέματα και παραγγελίες
- Διαχείριση αγορών
- Σχεδιασμός απαιτήσεων υλικών
- Προγραμματισμός χωρητικότητας
- Έλεγχος κόστους

Στη δεκαετία του 1970, ο Προγραμματισμός Απαιτούμενων Υλικών (MRP II) εισήλθε στην αγορά και κέρδισε σταδιακή αναβάθμιση με ορισμένες πρόσθετες λειτουργίες που απουσίαζαν από το σύστημα MRP. Το MRP II περιλάμβανε τις βασικές παραμέτρους σχεδιασμού, όπως τις διαθέσιμες χωρητικότητες, τους χρόνους παράδοσης και επεξεργασίας που μπορούσαν να προβλεφθούν με μεγαλύτερη ακρίβεια. Το MRP II θα μπορούσε να παρέχει ένα κύριο πρόγραμμα παραγωγής. Σχεδιάστηκε με τη δυνατότητα μετατροπής των λειτουργιών του σχεδίου παραγωγής σε οικονομικούς όρους, γεγονός που το κατέστησε ευνοϊκό για οικονομικό σχεδιασμό και έλεγχο.

Το πιο συναρπαστικό μέρος ήταν οι δυνατότητες μερικής προσομοίωσης που βοήθησαν τη διοίκηση να αναπτύξει τα σχέδια μάρκετινγκ και τα επιχειρηματικά σχέδια πιο αποτελεσματικά (Olaore & Olayanj, 2013). Η διαχείριση υλικών και η διαχείριση ικανότητας είναι άλλες πρόσθετες λειτουργίες που βοήθησαν τις επιχειρήσεις να ελέγξουν τις ταμειακές ροές, να διαχειριστούν καλύτερα τα υλικά και τα αποθέματα και να διαθέσουν ανθρώπινους πόρους. Η εφαρμογή του MRP II συνέβαλε στη μείωση του αποθέματος, τη βελτίωση των επιπέδων εξυπηρέτησης πελατών και την αύξηση της παραγωγικότητας.

Σύμφωνα με την Najy (2020) οι περισσότερες από τις εταιρείες που εφαρμόζουν με επιτυχία το MRP II προσδιορίζουν πολλά και σημαντικά οφέλη. Το κύριο πλεονέκτημα του MRP II είναι η ικανότητά του να δημιουργεί έγκυρα χρονοδιαγράμματα. Ένα έγκυρο πρόγραμμα MRP II έχει διαφορετικά οφέλη για μια επιχείρηση, συμπεριλαμβανομένων των εξής (Najy, 2020):

1. Βελτιώνει την εξυπηρέτηση πελατών και την έγκαιρη ολοκλήρωση διαδικασιών. Οι εταιρείες που κατέχουν συστήματα MRP II συνήθως επιτυγχάνουν 95% ή περισσότερο έγκαιρη ολοκλήρωση.
2. Μειώνει τα αποθέματα. Με το MRP II, τα αποθέματα μπορούν να μειωθούν ταυτόχρονα με τη βελτίωση της εξυπηρέτησης πελατών.
3. Παρέχει δεδομένα (μελλοντικές παραγγελίες) για τον προγραμματισμό των απαιτήσεων χωρητικότητας του κέντρου εργασίας. Αυτό το όφελος είναι εφικτό επειδή το βασικό MRP ενισχύεται από έναν προγραμματισμό απαιτήσεων χωρητικότητας.
4. Βελτιώνει την παραγωγικότητα της άμεσης εργασίας. Υπάρχει λιγότερος χαμένος χρόνος και υπερωρίες λόγω ελλείψεων.
5. Βελτιώνει την παραγωγικότητα του προσωπικού υποστήριξης.

Η ορθή διαχείριση αποθεμάτων μπορεί να διευκολύνει τη διατήρηση έγκυρων αρχείων και τον προγραμματισμό των αναγκών απογραφής. Ο έλεγχος της παραγωγής διατηρεί τις προτεραιότητες ενημερωμένες και έτσι μπορεί να γίνει καλύτερη εποπτεία στον προγραμματισμό και την ανάθεση εργασιών. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να απαιτείται έτσι ακόμα και λιγότερο προσωπικό υποστήριξης.

6. Διευκολύνει τον συνολικό επιχειρηματικό σχεδιασμό. Αυτό περιλαμβάνει την ικανότητα σχεδιασμού και τις ταμειακές ροές, που είναι ο κύριος σκοπός και όφελος του MRP II.

Από την άλλη, οι περιορισμοί που συνοδεύουν ένα σύστημα MRP σχετίζεται με τους χρόνους παράδοσης υλικών (Najy, 2020). Πιο συγκεκριμένα, η υλοποίηση του συστήματος MRP βασίζεται στην υπόθεση ενός ντετερμινιστικού περιβάλλοντος. Έτσι, η ζήτηση και οι χρόνοι παράδοσης έχουν θεωρηθεί ντετερμινιστικοί. Σε αυτό το σύστημα η ποσότητα παραγγελίας θεωρείται σταθερή και στηρίζεται στην παραδοχή ότι και η ζήτηση του προϊόντος είναι σταθερή. Σε ένα τυπικό περιβάλλον κατασκευής, ωστόσο, αυτή η υπόθεση παραβιάζεται πάντοτε. Αυτή η σύγκρουση μεταξύ της υπόθεσης και της πραγματικότητας στην εφαρμογή του MRP συχνά προωθείται ως ο λόγος για την αποτυχία του MRP να εκπληρώσει την υπόσχεσή του. Το σύστημα MRP, το οποίο σκοπεύει να προσδιορίσει τις ακριβείς ανάγκες των επιχειρήσεων στις μονάδες απογραφής, φαίνεται να είναι αποτελεσματικό, αλλά έχει ορισμένες ελαττωματικές πλευρές. Αυτές οι ελαττωματικές πλευρές είναι ο καθορισμός της βέλτιστης εφαρμογής για την απόκτηση του προγράμματος κύριας παραγωγής, ο προσδιορισμός των μεγεθών των παρτίδων και των απαιτήσεων των πελατών, ο προγραμματισμός των απαιτήσεων χωρητικότητας, τα επίπεδα αποθεμάτων και οι τοποθεσίες. Αυτές οι αβεβαιότητες αναγκάζουν τις επιχειρήσεις να απομακρύνονται από τις κατάλληλες συνθήκες (Najy, 2020).

Κατά τους Al-Amin et al. (2021), ένας αξιοσημείωτος περιορισμός που είχε το MRP ήταν η δαπανηρή διαδικασία εφαρμογής και κατάρτισης. Συχνά δεν μπορούσε να ελέγξει τη λειτουργία με τη δυναμική φύση του συστήματος ενώ επίσης διέθετε περίπλοκες και συγκεντρωτικές λειτουργίες που χρειάζονταν συγχρονισμό ροής υλικού και απελευθέρωσης παραγγελιών. Αυτό το γεγονός μπορεί να προκαλούσε διαταραχές στο κεντρικό σύστημα υπολογιστών για ώρες. Συνεπώς για να επιλυθεί αυτό το πρόβλημα και να είναι πιο αποτελεσματικό, απαιτούνταν ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών καθώς και μια επιλογή για προγραμματισμό και επαναπρογραμματισμό, γεγονός που δεν προσέφερε το MRP II. Συμπερασματικά, προκύπτει ότι ο προγραμματισμός των πόρων παραγωγής επιτρέπει ένα παραγωγικό και αυστηρό πρόγραμμα παραγωγής που

διατηρεί το κόστος χαμηλό. Παρέχει επίσης τη δυνατότητα μείωσης του φόρτου εργασίας κάτι που έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στον προγραμματισμό των αποθεμάτων. Αυτά τα δεδομένα βοηθούν τα αρμόδια στελέχη να προβούν σε καλύτερο προγραμματισμό, κάνοντας ακριβείς εκτιμήσεις που οδηγούν σε μεγαλύτερη κερδοφορία για μια εταιρεία. Στο παρελθόν, ο έλεγχος και η διαχείριση των αποθεμάτων ήταν τα μόνα εργαλεία που είχαν οι κατασκευαστές για να λειτουργήσουν αποτελεσματικά. Ο προγραμματισμός των πόρων παραγωγής είναι πολύ πιο αποτελεσματικός στη διαχείριση των πόρων και στην κατάρτιση αποτελεσματικών σχεδίων.

2.2.3 Διαφορές MRP I & MRP II

Ενώ το MRP II αναπτύχθηκε από το MRP I, υπάρχουν αρκετές διαφορές μεταξύ των δύο συστημάτων. Το MRP I επικεντρώνεται κυρίως στις βραχυπρόθεσμες δυνατότητες παραγωγής. Αυτό περιλαμβάνει τη διαχείριση του χρονοδιαγράμματος μιας εταιρείας και τον έλεγχο του αποθέματος πρώτων υλών και άλλων εξαρτημάτων. Το MRP I έχει τρεις κύριες λειτουργίες (Rotich, 2023):

- Λογαριασμός υλικών, δηλαδή μια γενική απογραφή όλων των πρώτων υλών και άλλων εξαρτημάτων για την κατασκευή ενός προϊόντος.
- Παρακολούθηση αποθέματος.
- Προγραμματισμός κύριας παραγωγής.

Το MRP II παρέχει μια πιο ρεαλιστική απεικόνιση των λειτουργικών δυνατοτήτων μιας εταιρείας. Έχει παρόμοιες λειτουργίες με το MRP I και περιλαμβάνει παράγοντες που σχετίζονται με τη μακροπρόθεσμη απόδοση μιας επιχείρησης. Το MRP II, όπως ένα σύστημα κλειστού βρόχου, μπορεί να παρέχει ανατροφοδότηση σχετικά με μια συγκεκριμένη λειτουργία.

Οι πρόσθετες δυνατότητες που περιλαμβάνει το MRP II είναι:

- Πρόβλεψη ζήτησης.
- Γενική λογιστική.
- Προγραμματισμός χωρητικότητας μηχανήματος.
- Διασφάλιση ποιότητας και των προτύπων μιας εταιρείας σε κάθε στάδιο της παραγωγής.

2.3 Προγραμματισμός επιχειρησιακών πόρων (Enterprise Resource Planning -ERP)

Ο προγραμματισμός επιχειρησιακών πόρων (ERP) είναι ένα πληροφοριακό σύστημα, μια πλατφόρμα, που χρησιμοποιούν οι εταιρείες για τη διαχείριση και την ενσωμάτωση των βασικών τμημάτων των επιχειρήσεών τους. Πολλές εφαρμογές λογισμικού ERP είναι απαραίτητες για τις εταιρείες, επειδή τις βοηθούν να εφαρμόσουν τον προγραμματισμό των πόρων ενσωματώνοντας όλες τις διαδικασίες που απαιτούνται για τη λειτουργία τους με ένα ενιαίο σύστημα.

Σύμφωνα με τους Al-Amin et al. (2021), η ανάπτυξη του ERP βασίζεται στην αφθονία και την πολυπλοκότητα των πληροφοριών καθώς και στη ροής εργασίας σε έναν κλάδο για την καλύτερη δυνατή υποστήριξη της επιχειρηματικής διαδικασίας. Αυτή η πολυπλοκότητα των βιομηχανικών επιχειρήσεων και της διαχείρισης ανάγκασε τις επιχειρήσεις να υιοθετήσουν τη βάση της προηγούμενης ανάπτυξης των MRP και MRP II, με σκοπό την ενσωμάτωση ολόκληρης της ροής δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σε μια κεντρική βάση δεδομένων.

Στη δεκαετία του 1990, αυτό το ολοκληρωμένο σύστημα λογισμικού εμφανίστηκε ως ERP (Rashid et al., 2002). Η εξέλιξη του διαδικτύου και της διασυνδεσιμότητας στη δεκαετία του 1990 επιτάχυνε τις εταιρείες προμηθευτών να κατασκευάσουν

και να προμηθευτούν διάφορα εργαλεία λογισμικού για τη διαχείριση επιχειρήσεων, ενώ αυτή η διαδικασία υιοθέτησης του ERP επιταχύνθηκε για τους ίδιους λόγους. Στην αρχή, το ERP λειτουργούσε στον προγραμματισμό παραγωγής και παραγγελιών, τη διανομή, τη χρηματοδότηση, τη λογιστική, το ανθρώπινο δυναμικό, τη διαχείριση έργων και τον έλεγχο του εργοστασίου. Σταδιακά το εύρος των λειτουργιών άρχισε να επεκτείνεται ανάλογα με την αύξηση των λειτουργιών των βιομηχανικών οργανισμών, γεγονός που έφερε τη νέα έκδοση του ERP (Al-Amin et al., 2021).

2.3.1 Extended Enterprise Resource Planning (ERP II)

Η νέα έκδοση του ERP είναι περισσότερο γνωστή ως σύστημα εκτεταμένου προγραμματισμού επιχειρησιακών πόρων (ERP II). Λόγω της ενσωμάτωσης σύνθετων διαδικασιών εργασίας, η βιομηχανία περιλαμβάνει πολυάριθμα λειτουργικά τμήματα. Για παράδειγμα, η κλωστοϋφαντουργία διαθέτει ανθρώπινο δυναμικό, προμήθειες, απογραφή, αποθήκη, ανάπτυξη προϊόντων, σχεδιασμό, βιομηχανική παραγωγή, συντήρηση, πωλήσεις και μάρκετινγκ, εφοδιαστική αλυσίδα, οικονομικό τμήμα και μισθοδοσία. Επιπλέον, το τμήμα παραγωγής έχει επιμέρους διάφορα μέρη, όπως κλώση, πλέξιμο, ύφανση, βαφή, εκτύπωση, φινίρισμα, κέντημα, ράψιμο, έρευνα και ανάπτυξη (R&D) και εργαστήριο. Φαίνεται συνεπώς η πολυπλοκότητα των επιχειρήσεων σήμερα και η ανάγκη για τεχνολογική εξέλιξη και ορθή αξιοποίηση των πόρων. Η βιασύνη για την παράδοση και την αποστολή από τις εταιρίες και τους λιανοπωλητές στο συντομότερο χρονικό διάστημα, έχει κάνει αυτή τη διαδικασία πιο περίπλοκη. Έτσι, η βιομηχανία άρχισε να υιοθετεί συστήματα πληροφορικής με σκοπό τη διάχυση της ομαλής ροής πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο σε ολόκληρη την επιχείρηση. Το ERP έχει καταστήσει δυνατή σε ολόκληρη την επιχειρηματική μονάδα την κοινή χρήση και προβολή των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο που απαιτούνται για αμοιβαία επιτεύγματα. Η τελευταία έκδοση του ERP (ERP II) μπορεί να λειτουργήσει σε όλα τα προαναφερθέντα τμήματα των επιχειρήσεων (Shafi et al., 2019). Το πεδίο εφαρμογής της χρήσης ERP ξεπερνά το

παραδοσιακό όριο των λειτουργιών και της δυνατότητας εφαρμογής στις μέρες μας καθότι συμπεριλάβει τις λειτουργίες της ίδιας της επιχείρησης αλλά και τη συνεργασία με άλλες επιχειρήσεις. Σε αυτή την περίπτωση, το ERP συνδέεται με κάποιο άλλο λογισμικό, όπως η Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας (SCM) και η Διαχείριση Πελατειακών Σχέσεων (CRM), η οποία εξελίχθηκε στη δεκαετία του 2000 με το όνομα ERP II ή εκτεταμένο ERP και αργότερα, το 2002 ξεκίνησε το ERP II να δίνει πρόσβαση μέσω του διαδικτύου για απομακρυσμένη επικοινωνία μεταξύ οργανισμών (Al-Amin et al., 2021).

2.3.2 Cloud-based ERP

Η συχνή εξέλιξη των νέων τεχνολογιών πληροφορικής και η εφαρμογή τους στο σύστημα διαχείρισης αποθεματικού, ενθαρρύνει τον κλάδο να αναβαθμίσει με πιο σύγχρονες εκδόσεις το ERP με πιο προηγμένα χαρακτηριστικά και εκτεταμένες λειτουργίες. Η έλευση της μετάδοσης δεδομένων υψηλής ταχύτητας, συμπεριλαμβανομένου τόσο του ενσύρματου όσο και του ασύρματου (5G) διαδικτύου, άνοιξε το δρόμο για περισσότερες ευκαιρίες για βιομηχανική επικοινωνία. Η διασυνδεσιμότητα ενός οργανισμού έχει αυξηθεί σημαντικά, γεγονός που έκανε τις επιχειρήσεις να επεκτείνουν της επιχειρηματικές συνεργασίες τους με άλλους οργανισμούς, μέσω ενός επιχειρηματικού συστήματος που βασίζεται σε δίκτυο. Ωστόσο, το παραδοσιακό ERP ήταν τόσο ακριβό που δεν ήταν προσιτό για το μεγαλύτερο μέρος του επιχειρείν. Στο πλαίσιο της συνεχούς ανάπτυξης του ERP, οι πωλητές και οι προγραμματιστές έτειναν στο σύστημα ERP που βασίζεται στο cloud, το οποίο το έχει καταστήσει φθηνότερο και προσιτό. Το Cloud ERP είναι λογισμικό προγραμματισμού επιχειρησιακών πόρων που παρέχεται μέσω του διαδικτύου. Δίνει στις εταιρείες πρόσβαση στις εφαρμογές τους ανά πάσα στιγμή, από οποιαδήποτε τοποθεσία και προσφέρει μια σχεδόν άπειρη ικανότητα καινοτομίας (Al-Amin et al., 2021).

Το Cloud based ERP βασίζεται στο cloud computing και φιλοξενείται από τον προμηθευτή, ο οποίος εξελίχθηκε στην αγορά στις αρχές της δεκαετίας του 2010. Όλα τα δεδομένα, η μνήμη, η επεξεργασία, η συντήρηση και το σύστημα ασφαλείας παραμένουν στον διακομιστή cloud του κεντρικού υπολογιστή. Τα στοιχεία ολόκληρης της υποδομής ERP, όπως το υλικό, το λογισμικό και η σύνδεση δικτύου παρέχονται ως υπηρεσία στην επιχείρηση-πελάτη (Abdulraheem et al., 2020). Ο κύριος στόχος του Cloud based ERP είναι να διασφαλίσει την καλύτερη χρήση των διαθέσιμων πόρων, να τους συγκεντρώσει για να επιτύχει υψηλότερη απόδοση και να δημιουργήσει χώρο για επεξεργασία δεδομένων μεγάλης κλίμακας εντός ελάχιστου χρόνου και κόστους.

Τα πλεονεκτήματα Cloud based ERP είναι (Γεωργόπουλος, Κοπανάκη, 2013):

- Ευέλικτη υποδομή.
- Μειωμένο Κόστος.
- Private cloud.
- Οικονομική λύση για τις επιχειρήσεις.

2.3.3 Συστήματα Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας – SCM Systems

Η Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας (SCM) είναι μια στρατηγική προσέγγιση που περιλαμβάνει τον σχεδιασμό, τον συντονισμό και τον έλεγχο όλων των δραστηριοτήτων και διαδικασιών εντός μιας αλυσίδας εφοδιασμού για τη διασφάλιση της αποτελεσματικής ροής αγαθών ή υπηρεσιών από προμηθευτές σε τελικούς πελάτες. Περιλαμβάνει τη διαχείριση διαφόρων διασυνδεδεμένων λειτουργιών, συμπεριλαμβανομένων των προμηθειών, της παραγωγής, της διαχείρισης αποθεμάτων, της διανομής και της εξυπηρέτησης πελατών. Ο πρωταρχικός στόχος της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η βελτιστοποίηση της συνολικής απόδοσης και αποτελεσματικότητας της επιχείρησης, ευθυγραμμίζοντάς την με τους στρατηγικούς στόχους της. Η αποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνει την προώθηση της συνεργασίας και της επικοινωνίας μεταξύ των εταίρων της

εφοδιαστικής αλυσίδας, την αξιοποίηση της τεχνολογίας και την υιοθέτηση βέλτιστων πρακτικών. Απαιτεί μια ολιστική άποψη και μια προληπτική προσέγγιση που προσαρμόζεται στις αλλαγές της αγοράς, τις απαιτήσεις των πελατών και τις αναδυόμενες τάσεις (Raditya et al., 2023).

Σύμφωνα με τον Muheesi (2022), η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM) είναι μια συνολική προσέγγιση συστήματος για τη διαχείριση της ροής πληροφοριών, υλικών και υπηρεσιών από προμηθευτές πρώτων υλών μέσω εργοστασίων και αποθηκών στον τελικό πελάτη. Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας ορίζεται επίσης ως μια ολοκληρωμένη φιλοσοφία για τη διαχείριση της συνολικής ροής ενός καναλιού διανομής από τον προμηθευτή στον τελικό χρήστη. Αυτό σημαίνει μεγαλύτερο συντονισμό των επιχειρηματικών διαδικασιών και δραστηριοτήτων, όπως η διαχείριση αποθεμάτων, σε ολόκληρο το κανάλι και όχι μόνο μεταξύ μερικών ζευγών καναλιών. Η Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας (SCM) δίνει έμφαση στη χρήση ενός αποτελεσματικού, ολοκληρωμένου συστήματος προμηθευτών, παραγωγών, αποθηκών, λιανοπωλητών και πελατών, έτσι ώστε τα είδη να μπορούν να παραχθούν και να διανεμηθούν σε όλο το σύστημα στις σωστές ποσότητες, τοποθεσίες και χρόνο για την ελαχιστοποίηση του κόστους και τη μεγιστοποίηση των υπηρεσιών. Στην ουσία, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας ενσωματώνει τη διαχείριση της προσφοράς και της ζήτησης εντός και μεταξύ των εταιρειών (Muheesi, 2022).

Οι βασικοί στόχοι της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι:

- Κοινή αποδοτικότητα. Η διαχείριση των αποθεμάτων, των μεταφορών και της εφοδιαστικής μπορεί να είναι περίπλοκη και αρκετά δαπανηρή για μια εταιρεία εάν δεν διαθέτει ένα αποτελεσματικό σύστημα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Όταν οι κατασκευαστές συνεργάζονται σε ένα σύστημα εφοδιαστικής αλυσίδας, είναι ευκολότερο για κάθε εταιρεία και τους συνεργάτες της να εξασφαλίσουν αποδοτικότητα λειτουργιών.
- Βελτιστοποίηση των μεταφορών.
- Βελτίωση ποιότητας. Η παροχή της καλύτερης αξίας είναι ο απώτερος στόχος που πρέπει να έχει κατά νου μια εταιρεία και οι συνεργάτες της. Όσο πιο στενά συνδεδεμένα είναι μια εταιρεία με αυτούς τους εταίρους, τόσο πιθανότερο

είναι να βελτιώσει τη συνολική ποιότητα της εμπειρίας των καταναλωτών και τις προσδοκίες τους.

- Μακροπρόθεσμη σταθερότητα. Με τη δημιουργία ισχυρών σχέσεων εμπιστοσύνης στην αλυσίδα εφοδιασμού και την προσπάθεια για βέλτιστες πρακτικές στη διανομή, μια εταιρεία μπορεί να στοχεύσει στη μακροπρόθεσμη σταθερότητα.

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η ολοκλήρωση του σχεδιασμού, της υλοποίησης, του συντονισμού και του ελέγχου όλων των επιχειρηματικών διαδικασιών και δραστηριοτήτων για την παραγωγή και την αποτελεσματική παράδοση προϊόντων για την κάλυψη των αναγκών της αγοράς. Ο στόχος της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι να βελτιώσει την εμπιστοσύνη και τη συνεργασία ορισμένων εταίρων της αλυσίδας εφοδιασμού, καθώς και ορατές βελτιώσεις αποθεμάτων και την ταχύτητα με την οποία αυξάνεται το απόθεμα. Το σημείο εκκίνησης της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι το απόθεμα που πρέπει να διαχειριστεί έτσι ώστε η συνολική απόδοση του συστήματος να μπορεί να μετρηθεί καλύτερα από διάφορες απόψεις ενδιαφερομένων. Οι πρακτικές SCM έχουν οριστεί ως ένα σύνολο δραστηριοτήτων που διεξάγονται εντός ενός οργανισμού για την προώθηση της αποτελεσματικής διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού του. Οι Cahyono et al. (2023), αναφέρουν στη μελέτη τους έξι πτυχές της πρακτικής SCM μέσω ανάλυσης παραγόντων: ολοκλήρωση της αλυσίδας εφοδιασμού, ανταλλαγή πληροφοριών, χαρακτηριστικά αλυσίδας εφοδιασμού, διαχείριση εξυπηρέτησης πελατών, γεωγραφική εγγύτητα και δυνατότητες Just in Time (JIT). Γενικότερα φαίνεται πως η διεθνής βιβλιογραφία περιγράφει τις πρακτικές SCM από διαφορετικές οπτικές γωνίες με κοινό στόχο την τελική βελτίωση της οργανωτικής απόδοσης. Κατά την ανασκόπηση και την ενοποίηση της βιβλιογραφίας, επιλέχθηκαν πέντε διαφορετικές διαστάσεις, συμπεριλαμβανομένων των στρατηγικών συνεργασιών προμηθευτών, των σχέσεων με τους πελάτες, του επιπέδου ανταλλαγής πληροφοριών, της ποιότητας της ανταλλαγής πληροφοριών και των καθυστερήσεων (Cahyono et al., 2023).

2.3.4 Συστήματα Διαχείρισης Αποθήκης – WMS

Ο Harjono (2019) στη μελέτη του σχετικά με τη διαχείριση αποθήκευσης αναφέρει αρχικά ότι η αποθήκη είναι μια περιοχή που λειτουργεί για την αποθήκευση αγαθών για παραγωγή ή η παραγωγή οδηγεί σε ένα ορισμένο ποσό και χρονικό διάστημα, το οποίο στη συνέχεια διανέμεται στην προβλεπόμενη τοποθεσία με βάση τη ζήτηση στο σύστημα διαχείρισης αποθήκης (WMS). Υπάρχουν διάφοροι τύποι αποθηκών: μπορούν να ταξινομηθούν σε αποθήκες παραγωγής και κέντρα διανομής. Στη συνέχεια, με βάση τους ρόλους τους στην αλυσίδα εφοδιασμού, οι τύποι αποθηκών μπορούν να ταξινομηθούν σε αποθήκες πρώτων υλών, αποθήκες εργασίας σε διαδικασία (work-in-process warehouses), αποθήκες ολοκληρωμένων αγαθών (finished good warehouses), αποθήκες διανομής, αποθήκες εκπλήρωσης, τοπικές αποθήκες (local warehouses) απευθείας στη ζήτηση των πελατών και αποθήκες υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας (value-added service warehouses). Το Σύστημα Διαχείρισης Αποθήκης (Warehouse Management System-WMS) είναι ένα υπολογιστικό σύστημα βασισμένο σε βάσεις δεδομένων, το οποίο χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της αποθήκης στη διατήρηση της ακρίβειας των δεδομένων αποθέματος καταγράφοντας κάθε συναλλαγή σε μια αποθήκη.

Το Σύστημα Διαχείρισης Αποθήκης (WMS) λειτουργεί ως σύστημα που ρυθμίζει τις δραστηριότητες αποθήκευσης στην αλυσίδα εφοδιασμού, όπως η παραλαβή και αποθήκευση αποθεμάτων, αλλά και η διαχείριση παραγγελιών εκτός αποθέματος. Σκοπός αυτού του συστήματος είναι ο έλεγχος της κίνησης και αποθήκευσης των αποθεμάτων σε μια αποθήκη και η επεξεργασία συναλλαγών που σχετίζονται με την παραλαβή, την επιλογή, τη λήψη και την αποστολή αποθεμάτων σε μια αποθήκη. Αυτό το σύστημα αναπτύχθηκε για να καλύψει τις ανάγκες των χρηστών ώστε να είναι πιο αποτελεσματικό από ένα σύστημα που γίνεται χειροκίνητα. Χρησιμοποιείται, επίσης, σήμερα σε σύγκριση με τις λειτουργίες αποθήκης που πραγματοποιούνται χειροκίνητα για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της βέλτιστης εκπλήρωσης παραγγελιών. Η εφαρμογή αυτού του συστήματος μπορεί να διευκολύνει την καταγραφή και επεξεργασία

δεδομένων, αυξάνοντας την ασφάλεια και την ακρίβεια των δεδομένων. Μπορεί παράλληλα να είναι ένα μέσο ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ διαχειριστών, χρηστών και αποθηκών, εάν υπάρχει αλλαγή στο απόθεμα στην αποθήκη θα εντοπιστεί γρήγορα. Το WMS χρησιμοποιεί συχνά την τεχνολογία Auto ID Data Capture (AIDC), όπως σαρωτές γραμμωτού κώδικα, φορητούς υπολογιστές, ασύρματα LAN (Local Area Network) και ενδεχομένως αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων (RFID) για την αποτελεσματική παρακολούθηση της ροής των προϊόντων. Μόλις συλλεχθούν τα δεδομένα, υπάρχει είτε συγχρονισμός παρτίδας με, είτε ασύρματη μετάδοση σε πραγματικό χρόνο σε μια κεντρική βάση δεδομένων. Η βάση δεδομένων μπορεί στη συνέχεια να παρέχει χρήσιμες αναφορές σχετικά με την κατάσταση των εμπορευμάτων στην αποθήκη (Harjono, 2019).

Εικόνα 4. Warehouse Management System



Πηγή: (Harjono, 2019)

Τα συστήματα διαχείρισης αποθήκης διατίθενται σε διάφορους τύπους και μεθόδους υλοποίησης. Ο τύπος εξαρτάται συνήθως από το μέγεθος και τη φύση του οργανισμού. Με βάση το σύστημα ελέγχου αποθήκης, η βιβλιογραφία διακρίνει τρεις τύπους συστημάτων διαχείρισης αποθήκης (Harjono, 2019) (Subramany & Rangaswamy, 2012):

- **Βασικό WMS** - Αυτό το σύστημα είναι κατάλληλο να υποστηρίξει μόνο έλεγχο αποθεμάτων και τοποθεσίας. Χρησιμοποιείται κυρίως για την καταχώριση πληροφοριών. Οι οδηγίες αποθήκευσης και συλλογής μπορούν να δημιουργηθούν από το σύστημα και ενδεχομένως να εμφανιστούν σε ακροδέκτες RF. Οι πληροφορίες διαχείρισης αποθήκης είναι απλές και επικεντρώνονται κυρίως στην απόδοση.
- **Advanced WMS** - Πάνω από τη λειτουργικότητα που προσφέρει ένα βασικό WMS, ένα προηγμένο WMS είναι σε θέση να σχεδιάσει πόρους και δραστηριότητες για να συγχρονίσει τη ροή των εμπορευμάτων στην αποθήκη. Το WMS επικεντρώνεται στην ανάλυση απόδοσης, αποθεμάτων και χωρητικότητας.
- **Σύνθετο WMS** - Με ένα σύνθετο WMS η αποθήκη ή η ομάδα αποθηκών μπορεί να βελτιστοποιηθεί. Υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες για κάθε προϊόν όσον αφορά το πού βρίσκεται (παρακολούθηση και εντοπισμός), ποιος είναι ο προορισμός του και γιατί (σχεδιασμός, εκτέλεση και έλεγχος). Επιπλέον, ένα πολύπλοκο σύστημα προσφέρει πρόσθετες λειτουργίες όπως μεταφορά, ακριβής τοποθεσία αποβάθρας και προγραμματισμό εφοδιαστικής προστιθέμενης αξίας που βοηθούν στη βελτιστοποίηση των λειτουργιών αποθήκης στο σύνολό τους.

Τα συστήματα διαχείρισης αποθήκης μπορούν να είναι αυτόνομα συστήματα ή ενότητες ενός συστήματος ERP (Enterprise Resource Planning) ή μιας ολοκληρωμένης διαδικασίας εκτέλεσης εφοδιαστικής αλυσίδας. Ο πρωταρχικός σκοπός ενός WMS είναι να ελέγχει την κίνηση και την αποθήκευση υλικών μέσα σε μια αποθήκη.

Σύμφωνα με τη sap.com, (2023) υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι λογισμικού WMS: αυτόνομο (on-premise και συχνά ένα εγχώριο κληροδοτημένο σύστημα), cloud,

και εφαρμογές ενσωματωμένες σε πλατφόρμες διαχείρισης ERP ή εφοδιαστικής αλυσίδας (είτε on-premise είτε φιλοξενούνται στο cloud). Οι τύποι αυτοί προσφέρουν τόσο θετικά στοιχεία όσο και αρνητικά και αυτό έχει να κάνει με την εταιρία.

- Τα αυτόνομα συστήματα έχουν το δικό τους υλικό και μπορούν γενικά να παρέχουν υποστήριξη με καλύτερη προσαρμογή, παρόλο το υψηλότερο κόστος, και καλύτερο έλεγχο.
- Cloud WMS: Αυτά τα συστήματα είναι δυνατό να εξελιχθούν γρήγορα με λιγότερο αρχικό κόστος. Αποτελούν ένα λογισμικό που δίνει ευελιξία ανάλογα με τις συνθήκες ζήτησης.
- Ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης αποθήκης ERP και SCM: Ορισμένα συστήματα αποτελούν βασικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται και σε άλλες εφαρμογές και συστήματα. Παρέχουν μια ολιστική εικόνα σε όλη την επιχειρηματική διασφαλίζοντας διαφάνεια και γρήγορη διαδικασία εκπλήρωσης.

2.3.5 Συστήματα Διαχείρισης μεταφορών – TMS

Ένα σύστημα διαχείρισης μεταφορών (Transportation Management System-TMS) είναι μια πλατφόρμα εφοδιαστικής αλυσίδας που χρησιμοποιεί τεχνολογία για να βοηθήσει τις επιχειρήσεις να σχεδιάσουν, να εκτελέσουν και να βελτιστοποιήσουν τη φυσική κίνηση των εμπορευμάτων, τόσο των εισερχόμενων όσο και των εξερχόμενων. Ειδικά συστήματα διαχείρισης μεταφορών εμφανίστηκαν για πρώτη φορά στη δεκαετία του 1980, υιοθετημένα κυρίως από μεγαλύτερες εταιρείες. Η αγορά TMS έχει έκτοτε εξελιχθεί σημαντικά και οι λύσεις που βασίζονται στο cloud προσφέρουν σήμερα κλιμακούμενες εναλλακτικές λύσεις για επιχειρήσεις οποιουδήποτε μεγέθους σε όλους τους τομείς της βιομηχανίας (Berg Insight., 2022). Καθώς η τεχνολογία έχει αναπτυχθεί και στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας, η πρόσβαση και η ορατότητα στα δεδομένα έχουν γίνει απαραίτητα στοιχεία για τα στελέχη. Ένα Σύστημα Διαχείρισης

Μεταφορών (TMS) είναι μια πλατφόρμα λογισμικού που έχει σχεδιαστεί για να παρέχει στους φορτωτές εργαλεία για τον έλεγχο και την ορατότητα των αλυσίδων εφοδιασμού τους. Με βάση της λειτουργικότητα και τους πόρους για όλους τους ενδιαφερόμενους της εφοδιαστικής αλυσίδας (μεταφορές, αποθήκευση, μεταφορείς, πωλητές/προμηθευτές, αγορές, εξυπηρέτηση πελατών, πωλήσεις, χρηματοδότηση και την εκτελεστική ηγετική ομάδα), ένα σύστημα διαχείρισης μεταφορών παρέχει μια ενιαία πλατφόρμα για τη διαχείριση όλων των τμημάτων εφοδιαστικής στον κύκλο ζωής μιας παραγγελίας. Όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη αποκτούν εργαλεία για να γίνουν πιο αποτελεσματικά, ευέλικτα και ενήμερα για τις ροές της αλυσίδας εφοδιασμού με καλύτερες και ακριβέστερες πληροφορίες για βελτιωμένη, πιο ενημερωμένη λήψη αποφάσεων. Η τεχνολογία αυτή μπορεί να συμβάλει στη δημιουργία ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος για την αύξηση των εσόδων, τη διαχείριση του κόστους, τον μετριασμό του κινδύνου και την αύξηση της αποτελεσματικότητας που επιτρέπει την αναδιάταξη των περιουσιακών στοιχείων σε πιο στρατηγικούς τομείς της επιχείρησης.

Ένα σύστημα διαχείρισης μεταφορών αναφέρεται στο σύστημα που διευκολύνει την αλληλεπίδραση μεταφοράς, ένα τμήμα του δικτύου καταστημάτων. Καταφέρνει να παρατηρεί, να συντονίζει, να αποδίδει και να χειρίζεται κάθε θέμα σχετικό με τη μεταφορά αντικειμένων, από την υποβολή του αιτήματος μέχρι την τελευταία μεταφορά. Το σύστημα διαχείρισης μεταφορών επιτρέπει ένα καλύτερο σύστημα συναλλαγών και επικοινωνίας δίνοντας την δυνατότητα στους χρήστες να αξιοποιούν τεράστια δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, να λαμβάνουν ευκολότερες αποφάσεις και να σχεδιάζουν στρατηγικές για βέλτιστες λύσεις μεταφοράς (Mahachai & Yingsak, 2022). Μάλιστα, σύμφωνα με την Berg Insight, η αξία της ευρωπαϊκής αγοράς TMS έφτασε περίπου τα 0,9 δισεκατομμύρια ευρώ το 2021. Με σύνθετο ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης 9,7%, η αγοραία αξία των συστημάτων διαχείρισης μεταφορών στην Ευρώπη προβλέπεται να φτάσει τα 1,5 δισεκατομμύρια ευρώ το 2026.

2.3.6 Συστήματα προηγμένου σχεδιασμού και προγραμματισμού (Advanced Planning and Scheduling-APS)

Καθώς οι απαιτήσεις των πελατών γίνονται πιο περίπλοκες, το ίδιο συμβαίνει και με την αλυσίδα εφοδιασμού οποιασδήποτε φύσης επιχείρησης. Η πίεση που ασκείται στις λειτουργίες που είναι υπεύθυνες για τον προγραμματισμό εργασιών και παραγγελιών είναι αυξημένη με αποτέλεσμα να υπάρχει ανάγκη για ένα εργαλείο σχεδιασμού που μπορεί να υποστηρίξει αυτές τις λειτουργίες, όπως το σύστημα προηγμένου σχεδιασμού και προγραμματισμού (APS). Αυτό το εργαλείο χρησιμοποιεί προηγμένους μαθηματικούς αλγορίθμους για την εκτέλεση βελτιστοποιήσεων ή προσομοίωσης στον προγραμματισμό χωρητικότητας, την προμήθεια, τον προγραμματισμό πόρων, την πρόβλεψη και τη διαχείριση της ζήτησης (Ammar & Abbas, 2010). Οι εταιρείες σε διάφορους κλάδους προσπαθούν τώρα να παραμείνουν ανταγωνιστικές με το να είναι πιο αποτελεσματικές και να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των πελατών. Χρησιμοποιώντας αυτές τις ανταγωνιστικές πιέσεις, οι οργανισμοί προσπαθούν να βρουν τρόπους, μέσω εργαλείων και διαδικασιών, για να βελτιώσουν τις μεθόδους παραγωγής τους για να ανταποκριθούν στις συνεχώς μεταβαλλόμενες απαιτήσεις. Ένα σύστημα προηγμένου σχεδιασμού και προγραμματισμού προσφέρει αποτελεσματικότητα σε τομείς όπως οι χρόνοι παράδοσης, τα ακριβή επίπεδα αποθεμάτων για πρώτες ύλες, τα ποσοστά αξιοποίησης πόρων στην παραγωγή σε πραγματικό χρόνο, τη μέτρηση παραγωγικότητας του χρόνου διεκπεραίωσης, τη βελτίωση των υπηρεσιών προς τους πελάτες και τη μείωση του κόστους με τη μορφή σπατάλης χρόνου και υλικών στην παραγωγή (Ammar & Abbas, 2010).

Σύμφωνα με τον Payette (2019) το APS είναι μια εφαρμογή λογισμικού που λειτουργεί ως μηχανισμός υποστήριξης αποφάσεων για διαδικασίες logistics και παραγωγής. Λαμβάνει υπόψη τόσο τους βραχυπρόθεσμους όσο και τους μακροπρόθεσμους ορίζοντες σχεδιασμού. Το σύστημα χρησιμοποιεί προηγμένους μαθηματικούς αλγόριθμους για την προσομοίωση και βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας και άλλων επιχειρηματικών

διαδικασιών έντασης σχεδιασμού, όπως ο προγραμματισμός ζήτησης, παραγωγής, διανομής και μεταφορών. Ο κύριος στόχος ενός συστήματος APS είναι να παρέχει την καλύτερη δυνατή λύση για θέματα σχεδιασμού ή προγραμματισμού με βάση τη βέλτιστη ανάλυση κόστους-οφέλους για παραγγελίες, ζήτηση, προσφορά και χωρητικότητα. Για παράδειγμα, σε περίπτωση περιορισμού ή έλλειψης, ένα σύστημα APS θα πρέπει να βοηθήσει να απαντηθεί το ερώτημα εάν πρέπει πρώτα να ικανοποιηθούν οι σημαντικότεροι πελάτες (ανεξάρτητα από τα περιθώρια κέρδους) ή να δημιουργηθούν πρώτα τα πιο κερδοφόρα χρονοδιαγράμματα. Ένα σύστημα APS επιτρέπει την άμεση αντίδραση στις αλλαγές της αγοράς, τη βελτίωση των χρόνων απόδοσης και παράδοσης, τη βελτιστοποίηση των επιπέδων αποθεμάτων και τη βελτιωμένη εξυπηρέτηση πελατών, οδηγώντας σε μειωμένο κόστος (Payette, 2019).

Σύμφωνα με τους Goor et al., (2019) ένα προηγμένο σύστημα σχεδιασμού και προγραμματισμού (APS) καλύπτει ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού και χρησιμοποιεί ενημερωμένες πληροφορίες για τον υπολογισμό των χρονοδιαγραμμάτων που παράγει. Ένα τέτοιο σύστημα καθιστά δυνατή την άμεση ανταπόκριση σε ερωτήματα πελατών, καλύτερους χρόνους διεκπεραίωσης και παράδοσης.

Υπάρχουν δύο κύριοι λόγοι για το σημαντικό πρόσφατο ενδιαφέρον για τα συστήματα APS. Το πρώτο είναι η ανάπτυξη διακομιστών κατοίκων μνήμης. Κάτοικος μνήμης σημαίνει ότι ολόκληρη η μηχανή σχεδιασμού, το μοντέλο και η βάση δεδομένων διατηρούνται εξ ολοκλήρου στη μνήμη του συστήματος. Είναι πλέον δυνατή η αποθήκευση έως και 4 GB στη μνήμη του υπολογιστή. Αυτό σημαίνει ότι ένα πολύ περίπλοκο μοντέλο λειτουργίας της αλυσίδας παραγωγής και εφοδιασμού μπορεί να αποθηκευτεί στο σύνολό του. Αυτή η εξέλιξη έχει προσφέρει ένα σημαντικό πλεονέκτημα, επειδή εξαλείφει το χρόνο πρόσβασης στο δίσκο, μειώνοντας έτσι το χρόνο που απαιτείται για την επίλυση προβλημάτων σχεδιασμού σε μεγάλο βαθμό. Επιτρέπει την πολύ γρήγορη επεξεργασία μεγάλων συνόλων δεδομένων, γεγονός που καθιστά δυνατή την ταυτόχρονη επίλυση προβλημάτων υλικού και χωρητικότητας.

Ο δεύτερος λόγος είναι ότι οι εταιρείες συνδέουν τις αλυσίδες εφοδιασμού τους. Οι εταιρείες αρχίζουν να κατανοούν πώς λειτουργεί η αλυσίδα εφοδιασμού. Οι συνεργαζόμενες εταιρείες πρέπει να διαχειρίζονται τις αλυσίδες εφοδιασμού τους χρησιμοποιώντας μία διαδικασία και τα συστήματα APS καθιστούν δυνατή την επίτευξη αυτού του στόχου. Η APS αντιπροσωπεύει ένα επαναστατικό νέο βήμα στον επιχειρηματικό και διεπιχειρησιακό σχεδιασμό καθότι χρησιμοποιεί νέες τεχνικές σχεδιασμού και προγραμματισμού που λαμβάνουν υπόψη ένα ευρύ φάσμα περιορισμών και παράγουν ένα βελτιστοποιημένο σχέδιο. Αυτό περιλαμβάνει παράγοντες όπως η διαθεσιμότητα υλικών, η ικανότητα μηχανής και εργασίας και οι απαιτήσεις εξυπηρέτησης πελατών.

Το πεδίο εφαρμογής του συστήματος σχεδιασμού και προγραμματισμού (APS) περιλαμβάνει τις ακόλουθες επιχειρησιακές λειτουργίες (Goor et al., 2019):

- Στρατηγικός και μακροπρόθεσμος σχεδιασμός.
- Σχεδιασμός δικτύου εφοδιαστικής αλυσίδας.
- Προγραμματισμός και πρόβλεψη ζήτησης, που χρησιμοποιεί τόσο στατιστικά όσο και μαθηματικά χρονοσειρών για τον υπολογισμό μιας πρόβλεψης με βάση το ιστορικό πωλήσεων.
- Σχεδιασμός πωλήσεων και λειτουργιών. Πρόκειται για μια διαδικασία με την οποία η πρόβλεψη ζήτησης μετατρέπεται σε ένα εφικτό επιχειρησιακό σχέδιο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο από τις πωλήσεις όσο και από την παραγωγή. Η διαδικασία αυτή μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση ενός προγραμματισμού παραγωγής ή/και μιας λειτουργίας βελτιστοποίησης του δικτύου εφοδιαστικής αλυσίδας για να προσδιοριστεί εάν μπορεί να ικανοποιηθεί η προβλεπόμενη ζήτηση.
- Σχεδιασμός αποθέματος. Αυτή η λειτουργία καθορίζει τα βέλτιστα επίπεδα και τις τοποθεσίες του αποθέματος τελικών προϊόντων για την επίτευξη των επιθυμητών επιπέδων εξυπηρέτησης πελατών.
- Σχεδιασμός εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτή η διαδικασία συγκρίνει την πρόβλεψη με την πραγματική ζήτηση για την ανάπτυξη ενός γενικού χρονοδιαγράμματος πολλαπλών εγκαταστάσεων, με βάση τους πόρους συνολικού επιπέδου και τα κρίσιμα υλικά. Το χρονοδιάγραμμα καλύπτει πολλαπλές εγκαταστάσεις παραγωγής και διανομής για το συγχρονισμό

και τη βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων παραγωγής, διανομής και μεταφοράς.

- Σχεδιασμός κατασκευής. Αυτή η λειτουργία αναπτύσσει ένα περιορισμένο γενικό χρονοδιάγραμμα για μια ενιαία μονάδα με βάση τη διαθεσιμότητα υλικών, τη χωρητικότητα της μονάδας και άλλους επιχειρηματικούς στόχους.
- Σχεδιασμός διανομής. Με βάση το πραγματικό κόστος μεταφοράς και τις απαιτήσεις κατανομής υλικών, δημιουργείται ένα εφικτό σχέδιο για τον τρόπο διανομής του αποθέματος τελικών προϊόντων στα διάφορα σημεία αποθήκευσης ή στους πελάτες για την κάλυψη της πρόβλεψης και της πραγματικής ζήτησης.
- Σχεδιασμός μεταφορών. Αυτή είναι μια λειτουργία που χρησιμοποιεί τους τρέχοντες ναύλους για να ελαχιστοποιήσει το κόστος αποστολής.
- Προγραμματισμός κατασκευής. Με βάση τα λεπτομερή χαρακτηριστικά του προϊόντος, τις δυνατότητες του κέντρου εργασίας και τη ροή υλικών, καθορίζεται ένα χρονοδιάγραμμα που βελτιστοποιεί την ακολουθία και τις δρομολογήσεις των παραγγελιών κατασκευής στο εργοστάσιο.
- Προγραμματισμός αποστολών. Αυτή η λειτουργία δημιουργεί ένα εφικτό χρονοδιάγραμμα αποστολών για την τήρηση των ημερομηνιών λήξης των πελατών. Καθορίζει τη βέλτιστη μέθοδο και χρόνο αποστολής της παραγγελίας λαμβάνοντας υπόψη τις ημερομηνίες λήξης του πελάτη.

Συμπερασματικά, το σύστημα σχεδιασμού και προγραμματισμού (APS) παρέχει μια σειρά λύσεων για διάφορα πρακτικά προβλήματα, όπως η μείωση του αποθέματος και του κόστους, η αύξηση του επιπέδου εξυπηρέτησης πελατών, αλλά και η καλύτερη λήψη σχετικών αποφάσεων με μια πληρέστερη επισκόπηση των αναγκών σε κρίσιμα στοιχεία.

Κεφάλαιο 3^ο Πρόβλεψη ζήτησης

3.1 Εισαγωγή

Ο όρος πρόβλεψη αναφέρεται στη διαδικασία μιας επωφελοφύς χρησιμοποίησης των ήδη υπάρχόντων γνώσεων για τη δημιουργία ισχυρισμών για γεγονότα, των οποίων τα πραγματικά αποτελέσματα συνήθως δεν έχουν ακόμα παρατηρηθεί. Το κίνητρο που εμφανίζει ο στοχαστικός χαρακτήρας του προβλήματος, αλλά και η ανάγκη των ανθρώπων για διορατικότητα για ένα μακροχρόνιο διάστημα, καθιστούν τον τομέα των προβλέψεων ιδιαίτερα ενδιαφέρον και ταυτόχρονα περίπλοκο (Πετρόπουλος Φ, Ασημακόπουλος Β). Η κάθε επιχείρηση χρειάζεται να γνωρίζει και να σχεδιάζει τις λειτουργικές δραστηριότητες της που σχετίζονται με τη βιωσιμότητα και την ανάπτυξη της. Μάλιστα αν ληφθεί υπόψιν ότι στις μέρες μας οι επιχειρήσεις δραστηριοποιούνται σε ένα πολύ σύγχρονο, ανταγωνιστικό και διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον εύκολα διαπιστώνεται η σημαντικότητα των προβλέψεων στον καθορισμό της πορείας τους στην αγορά (Αγιακλόγλου & Οικονόμου , 2004).

Σύμφωνα με τον Moon et.al., (1998) πρέπει να υπάρχει ένα διαρκές και διαμορφωμένο στις ανάγκες της κάθε επιχείρησης πλάνο προβλέψεων που θα αφορά τη συνολική ποσότητα πωλήσεων σε 3 διαφορετικά χρονικά στάδια, τα οποία είναι:

- Βραχυπρόθεσμη Πρόβλεψη (short range forecast)
- Μεσοπρόθεσμη Πρόβλεψη (medium range forecast)
- Μακροπρόθεσμη Πρόβλεψη (long range forecast)

Κατ' επέκταση να είναι σε θέση να γνωρίζει το απόθεμα που υπάρχει, τις πρώτες ύλες που πρέπει να προμηθευτεί στη συνέχεια να παράγει και τέλος να πουλήσει. Το επίπεδο παραγωγής πρέπει να αντικατοπτρίζει τις απαιτήσεις των πελατών επομένως η σημαντικότητα των προβλέψεων είναι υψηλή ώστε η διοίκηση να πάρει τις κατάλληλες στρατηγικές αποφάσεις για την πορεία της εταιρείας βασιζόμενη σε αυτές.

Τα πληροφοριακά συστήματα, η πρόβλεψη, ο προγραμματισμός και οι πωλήσεις θα πρέπει να είναι συνυφασμένα τόσο μεταξύ τους όσο και με τις άλλες επιχειρηματικές λειτουργίες για τη διαχείριση της επιχείρησης με επιτυχία. Προκειμένου να αναπτυχθούν σχέδια που είναι τα πιο αποτελεσματικά και κερδοφόρα, η ροή των πληροφοριών πρέπει να είναι αμφίδρομη (Mentzer & Moon 2004).

Γενικότερα υπάρχουν πολλές διαθέσιμες μέθοδοι για την πρόβλεψη, επομένως είναι σημαντικό να προσδιοριστεί ποια μέθοδος δίνει την καλύτερη δυνατότητα εφαρμογής και αξιοπιστίας, ώστε να πραγματοποιηθεί η κατάλληλη επιλογή της μεθόδου πριν χρησιμοποιηθεί για μια συγκεκριμένη κατάσταση. Αναμφισβήτητα και στην επιλογή της ιδανικότερης μεθόδου πρόβλεψης είναι φυσιολογικό να υπάρχει σφάλμα, αφού όλες οι τεχνικές προσδιορίζουν σύμφωνα με υπάρχοντα δεδομένα τι είναι δυνατόν να συμβεί και πως η επιχείρηση πρέπει να κινηθεί ανάλογα. Έχει παρατηρηθεί ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο χρονικός ορίζοντας της πρόβλεψης, τόσο πιο δύσκολα επιτεύξιμη γίνεται η ακρίβειάς της (Stevenson, 2007). Επιπρόσθετα οι ακριβείς προβλέψεις προσφέρουν στην επιχείρηση να εκτιμήσει καλύτερα τα μελλοντικά της πλάνα και να σχεδιάσει πιο προσεκτικά τα επόμενα της βήματα, με αποτέλεσμα να είναι και πιο προετοιμασμένη σε τυχόν δυσκολίες που θα σταθούν εμπόδιο στην επιτυχία της.

3.1.1 Πρόβλεψη ζήτησης και η διαχείριση των αποθεμάτων

Μια ακριβής πρόβλεψη της ζήτησης δίνει τη δυνατότητα στην επιχείρηση τόσο να διατηρεί τη σωστή ποσότητα αποθέματος χωρίς υπερβολική ή χαμηλή αποθεματοποίηση, όσο και να πραγματοποιεί βέλτιστες μεθόδους για συνεχή έλεγχο. Οι ιστορικές τάσεις δεδομένων καθώς και η γνώση της αγοράς για το πώς μπορεί να κυμαίνεται η ζήτηση χρησιμοποιούνται συχνά για την πρόβλεψη της ζήτησης επόμενης περιόδου, η οποία δίνει τις κατάλληλες πληροφορίες για τη δημιουργία νέων στρατηγικών αποφάσεων από τα ανώτατα στελέχη της επιχείρησης. Βέβαια η ζήτηση για ένα συγκεκριμένο προϊόν ή υπηρεσία συνήθως συνδέεται με διάφορες αβεβαιότητες που μπορούν να την κάνουν δύσκολα να προβλεφθεί, γεγονός που προκαλεί ανησυχία για τους αναλυτές. Ένα γνωστό παράδειγμα είναι ο τρόπος που αντιμετώπισε η Dell καταστάσεις ζήτησης και προσφοράς όταν βρέθηκε σε δυσκολία στο να προβλέψει ποια χαρακτηριστικά προϊόντος θα πουλήσουν και επομένως ποια εξαρτήματα θα καταναλωθούν (τι μέγεθος δίσκου, ποιος μικροεπεξεργαστής ταχύτητας). Ωστόσο, τα εξαρτήματα έχουν μεγάλο χρόνο παράδοσης, οπότε πρέπει να αγοραστούν βάσει προβλέψεων. Η Dell αντέδρασε στις ανισορροπίες προσφοράς-ζήτησης αλλάζοντας τις τιμές στις επιλογές προϊόντων για να κατευθύνει τη ζήτηση σε εξαρτήματα που βρίσκονται σε απόθεμα αλλά δεν έχουν πωλήσει αρκετά. Την προσέγγιση αυτή που εφάρμοσε η Dell την αποκαλεί «Sell What You Have». Μέσω του παραδείγματος γίνεται αντιληπτή η ανισορροπία που προκαλείται από τις εκτιμήσεις των πελατών που διαφέρουν κάθε χρονική περίοδο. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητες οι προβλέψεις οι οποίες στηρίζονται σε δεδομένα κάθε χρονικής περιόδου και πρέπει να εντοπιστεί αυτή η χρυσή τομή που ενώνει τις δραστηριότητες της επιχείρησης με τις ανάγκες των πελατών που συμβαίνουν την κάθε χρονική περίοδο και προκαλεί διακυμάνσεις στη ζήτηση. Οι προβλέψεις έχουν ως στόχο την μείωση της αβεβαιότητας που υπάρχει πάντοτε σε μελλοντικές ενέργειες, αλλά προσφέρουν και μια περαιτέρω γνώση βασισμένη στο εξωτερικό περιβάλλον και τις συνθήκες που επικρατούν σε αυτό.

3.2 Μέθοδοι Πρόβλεψης

Η εφαρμογή μιας αποτελεσματικής διαδικασίας σχεδιασμού και πρόβλεψης της ζήτησης συνοδεύεται συνήθως από την υποστήριξη του ανθρώπινου παράγοντα με εργαλεία λογισμικού. Πολλές φορές προκύπτει ένα τυπικό ερώτημα που αφορά τις στατιστικές μεθόδους και την εφαρμογή τους.

Πώς είναι το λογισμικό ικανό να κάνει καλύτερες προβλέψεις από έναν ανθρώπινο προγραμματιστή με πολυετή εμπειρία στον σχεδιασμό της ζήτησης;

Η απλή απάντηση είναι ότι οι μαθηματικές μέθοδοι είναι αμερόληπτες. Εμπειρικές μελέτες δίνουν στοιχεία, ότι η μεροληψία είναι ο κύριος λόγος για τον οποίο οι στατιστικές μέθοδοι συχνά παράγουν καλύτερα αποτελέσματα (Μακριδάκης 1997). Αλλά αυτό είναι μόνο το ήμισυ της αλήθειας, επειδή οι πληροφορίες σχετικά με συγκεκριμένες εκδηλώσεις ή αλλαγές (π.χ. δραστηριότητες προώθησης, σχόλια πελατών σε νέα προϊόντα κ.λπ.) μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές αλλαγές στα πρότυπα ζήτησης τα οποία ενδέχεται να μην λαμβάνονται υπόψη σε τυπικά μοντέλα. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να συνδυάσουμε τα πλεονεκτήματα και των δύο κόσμων σε μια ολοκληρωμένη διαδικασία σχεδιασμού της ζήτησης. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία πρόβλεψης μπορούν να διακριθούν σε:

- Ποιοτικά δεδομένα.
- Ποσοτικά δεδομένα.

Τα ποιοτικά δεδομένα συμβάλλουν στην περιγραφή ενός μοτίβου και της σημασίας των παραγόντων που επηρεάζουν συγκεκριμένα γεγονότα και εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από μια υποκειμενική κρίση. Οι ποιοτικές μέθοδοι βοηθούν στην πρόβλεψη γεγονότων που δεν μπορούν πάντα να εξεταστούν με βάση τα ιστορικά δεδομένα και στηρίζονται στην πείρα. Βασίζονται κυρίως στη διαίσθηση και την εμπειρία από το παρελθόν, σχετικά με τον τρόπο αλλαγής μιας συγκεκριμένης μεταβλητής. Επομένως οι ποιοτικές μέθοδοι προβλέψεων χρησιμοποιούνται όταν δεν υπάρχουν κατάλληλα ιστορικά δεδομένα (Αγιακλόγλου & Οικονόμου, 2004).

Τα ποσοτικά δεδομένα είναι ιστορικά αριθμητικά δεδομένα τα οποία υποθετικά θα εξακολουθήσουν να διατηρούν και μελλοντικά ένα παρόμοιο συμπεριφορικό μοτίβο, γεγονός που κάνει επιτρεπτή τη παρακολούθηση και την ανάλυσή τους. Οι ποσοτικές μέθοδοι προβλέψεων έχουν ως πρωταρχικό σκοπό τη διερεύνηση του τρόπου δημιουργίας των τιμών της μεταβλητής που εξετάζεται (Αγιακλόγλου & Οικονόμου, 2004). Μια από τις μορφές που πραγματοποιείται η χρησιμοποίηση των ποσοτικών δεδομένων για τη δημιουργία προβλέψεων είναι οι χρονοσειρές, οι οποίες δείχνουν πώς εξελίσσονται οι τιμές μιας μεταβλητής σε ίσα διαδοχικά χρονικά διαστήματα. Η μοντελοποίηση των χρονοσειρών είναι ένα πολύ δημοφιλές εργαλείο μεταξύ ερευνητών και επαγγελματιών για την παροχή ακριβών προβλέψεων. Το κύριο καθήκον της μοντελοποίησης χρονοσειρών είναι να αναλύσει τις προηγούμενες παρατηρήσεις προκειμένου να αναπτύξει ένα κατάλληλο μοντέλο για τη συγκεκριμένη σειρά δεδομένων και να το χρησιμοποιήσει ως μοντέλο για πρόβλεψη μελλοντικών τιμών για τη σειρά. Το μοτίβο σε μια χρονική σειρά ταξινομείται μερικές φορές σε τάση, εποχιακά, κυκλικά και τυχαία συστατικά δηλαδή όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο τα χαρακτηριστικά της ζήτησης που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στις προβλέψεις.

3.2.1 Απλός κινούμενος μέσος όρος

Η Μέθοδος του Απλού Κινούμενου Μέσου είναι μια απλή μέθοδος πρόβλεψης και είναι κατάλληλη να χρησιμοποιηθεί για περιόδους που δεν αποτελούνται από τάσεις, εποχικότητα και κύκλους. Γενικότερα για την επιλογή του Απλού Κινούμενου Μέσου όρου πρέπει να υπάρχουν χρονοσειρές όπου το κύριο χαρακτηριστικό τους να είναι η σταθερότητα. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει η δυνατότητα επιλογής αρκετών περιόδων ενώ στην περίπτωση που παρατηρούνται κάποιες μεταβολές και συνεπώς διακυμάνσεις τις ζήτησης ιδανικά πρέπει να επιλεχτεί μικρός αριθμός παρατηρήσεων. Ο όρος κινούμενος χρησιμοποιείται για το γεγονός που κάθε φορά μια νέα παρατήρηση γίνεται

διαθέσιμη στην υπάρχουσα χρονοσειρά, αντικαθιστά τη παλαιότερη παρατήρηση στην εξίσωση με αποτέλεσμα να υπολογίζεται ένας νέος κινούμενος μέσος (Anderson et al., 2011). Αυτό συμβαίνει γιατί όσο πιο πρόσφατη είναι η παρατήρηση της χρονοσειράς τόσο πιο αντιπροσωπευτική είναι για τη δημιουργία προβλέψεων σε αντίθεση με αυτές που είναι πιο παρελθοντικές (Αγιακλόγλου & Οικονόμου, 2004). Έτσι ο μέσος όρος ονομάζεται κινούμενος, καθώς η τιμή του δεν παραμένει σταθερή αλλά αλλάζει με κάθε νέα παρατήρηση, όταν αυτή γίνεται διαθέσιμη (Αγιακλόγλου & Οικονόμου, 2004).

Ο τύπος του Απλού Κινούμενου Μέσου αποτελείται από τον μέσο όρο της πραγματικής Ζήτησης κατά τις N προηγούμενες περιόδους.

$$F_t = \frac{1}{N} \sum_{i=t-N}^{t-1} Y_i = \frac{1}{N} (Y_{t-1} + Y_{t-2} + \dots + Y_{t-N})$$

Αυτή η παράμετρος χρησιμεύει για όλες τις μελλοντικές περιόδους. Συνεπώς η πρόβλεψη για την επόμενη περίοδο ισούται με το άθροισμα της πρόβλεψης F_t με την διαφορά της πρόσφατης τιμής της Ζήτησης από την παλαιότερη τιμή στη χρονοσειρά της παραπάνω σχέσης.

$$F_{t+1} = F_t + \frac{Y_t - Y_{t-N}}{N}$$

3.2.2 Απλή εκθετική εξομάλυνση

Η εκθετική εξομάλυνση είναι μια απλή τεχνική που χρησιμοποιείται για την εξομάλυνση και την πρόβλεψη χρονομετρών χωρίς την αναγκαιότητα προσαρμογής ενός παραμετρικού μοντέλου. Βασίζεται σε ένα αναδρομικό υπολογιστικό σχήμα, όπου οι προβλέψεις ενημερώνονται για κάθε νέα εισερχόμενη παρατήρηση. Η μέθοδος της εκθετικής εξομάλυνσης είναι μια εξέλιξη της μεθόδου του κινούμενου μέσου όρου με συντελεστές βαρύτητας

(Σταθμισμένος Κινούμενος Μέσος Όρος), η οποία λαμβάνει υπόψιν στοιχεία όπως η εποχικότητα και η τάση. Πιο αναλυτικά είναι μια μέθοδος που είναι ιδιαίτερα γνωστή και υπολογίζει το μέσο όρο μιας χρονοσειράς δίνοντας ιδιαίτερη σημασία στα πρόσφατα δεδομένα, από αυτή που δίνεται στα πιο απομακρυσμένα (Αγιακλόγλου & Οικονόμου, 2004). Το βάρος για τις παρατηρήσεις μειώνεται εκθετικά με την τελευταία ζήτηση να παίρνει το υψηλότερο βάρος. Η παράμετρος a είναι η σταθερά εξομάλυνσης, στην οποία οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 0 και 1.

a = σταθερά εξομάλυνσης

$$F_t = aY_{t-1} + (1 - a)F_{t-1}$$

3.2.3 Εκθετική εξομάλυνση με γραμμική τάση

Η μέθοδος της εκθετικής εξομάλυνσης με γραμμική τάση είναι μια ισχυρή, εύχρηστη διαδικασία πρόβλεψης που χρησιμοποιείται εδώ και πάνω από 20 χρόνια και λειτουργεί αρκετά καλά στην πράξη. Ο πιο διαδεδομένος τύπος εκθετικής εξομάλυνσης με τάση είναι η εξομάλυνση Holt (ή διπλή εκθετική εξομάλυνση). Η μέθοδος Holt έχει δύο παραμέτρους εξομάλυνσης, την παράμετρο a , γνωστή και ως παράμετρος εξομάλυνσης υποβάθρου, για την εξομάλυνση των τιμών της χρονοσειράς και την παράμετρο b για εξομάλυνση της τάσης (Αγιακλόγλου & Οικονόμου, 2004).

Για εξομάλυνση υποβάθρου χρονοσειράς

$$L_{t+1} = aY_{t+1} + (1 - a)(L_t + T_t)$$

Για εξομάλυνση τάσης

$$T_{t+1} = b(L_{t+1} - L_t) + (1 - b) T_t$$

Πρόβλεψη για τιμή Ζήτησης

$$F_{t+1} = L_{t+1} + T_{t+1}$$

3.2.4 Εκθετική εξομάλυνση με Εποχικότητα

Η εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα εφαρμόζεται στις περιπτώσεις όπου υπάρχει σαφής διαφοροποίηση της συμπεριφοράς της ζήτησης ανά διαστήματα (Hyndman, 2013). Όπως και στην εκθετική εξομάλυνση με τάση γίνεται διακριτοποίηση της ζήτησης σε υπόβαθρο και εποχικότητα.

Για εξομάλυνση υποβάθρου χρονοσειράς

$$L_{t+1} = a \frac{Y_{t+1}}{S_{t+1}} + (1 - a) L_t$$

Πρόβλεψη για δείκτη εποχικότητας

$$S_{t+\rho+1} = \gamma \frac{Y_{t+1}}{L_{t+1}} + (1 - \gamma) S_{t+1}$$

Πρόβλεψη για τιμή Ζήτησης

$$F_{t+1} = L_t * S_{t+1}$$

3.2.5 Εκθετική εξομάλυνση με Τάση και Εποχικότητα

Η μέθοδος Holt-Winters Exponential Smoothing όπως επίσης ορίζεται, χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη δεδομένων χρονοσειρών που παρουσιάζουν τόσο μια τάση όσο και μια εποχική παραλλαγή.

$$L_{t+1} = a \frac{Y_{t+1}}{S_{t+1}} + (1 - a)(L_t + T_t)$$

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

$$S_{t+\rho+1} = \gamma \frac{Y_{t+1}}{L_{t+1}} + (1 - \gamma) S_{t+1}$$

Πρόβλεψη για τιμή Ζήτησης

$$F_{t+1} = (L_t + T_t) S_{t+1}$$

3.3 Σφάλματα Πρόβλεψης

Σε κάθε μέθοδο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη της ζήτησης υπάρχουν τα αντίστοιχα σφάλματα. Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του σφάλματος γεγονός που δείχνει την αξιοπιστία της μεθόδου και κατά πόσο μπορεί η ίδια να προσεγγίσει την μελλοντική τιμή. Έχει παρατηρηθεί ότι σε βραχυπρόθεσμες περιόδους οι προβλέψεις είναι πιο ακριβείς ενώ σε μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες περιόδους η παρουσίαση λαθών είναι πιο συχνή. Το e_t ορίζεται το σφάλμα της πρόβλεψης το οποίο ισούται με τη διαφορά που υπάρχει ανάμεσα στην προβλεπόμενη και πραγματική ζήτηση τη χρονική στιγμή t .

$$e_t = D_t - F_t$$

Δεδομένου ότι τα περισσότερα μοντέλα πρόβλεψης τείνουν να είναι αμερόληπτα, δηλαδή να έχουν μια αναμενόμενη τιμή κοντά στο 0, το μέγεθος του σφάλματος είναι που απασχολούν περισσότερο τη διοίκηση.

Ένα από τα πιο δημοφιλή μέτρα απόδοσης πρόβλεψης του μεγέθους του σφάλματος είναι η μέση απόλυτη απόκλιση (MAD). Το MAD υπολογίζεται ως ο μέσος όρος των απόλυτων σφαλμάτων:

$$MAD = \sum_{t=1}^N \frac{|Y_t - F_t|}{N} = \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{N}$$

Ένα άλλο κύριο μέτρο απόδοσης πρόβλεψης του μεγέθους του σφάλματος είναι το μέσο τετράγωνο σφάλμα (MSE). Το MSE υπολογίζεται ως ο μέσος όρος του αθροίσματος του τετραγώνου των σφαλμάτων πρόβλεψης:

$$MSE = \sum_{t=1}^N \frac{(Y_t - F_t)^2}{N} = \sum_{t=1}^n \frac{e_t^2}{N}$$

Η τιμή MSE μετρά την ποσότητα διασποράς των σφαλμάτων. Η τετραγωνική ρίζα του MSE έχει ως αποτέλεσμα την τυπική απόκλιση των σφαλμάτων ή το τυπικό σφάλμα και μερικές φορές καλείται το αρχικό τετραγωνικό σφάλμα root (RMSE).

Μια υπόθεση των περισσότερων μοντέλων πρόβλεψης είναι ότι τα σφάλματα ακολουθούν μια κανονική κατανομή με μέσο όρο μηδέν. Όσο μικρότερες είναι οι τιμές MAD ή οι τιμές MSE, τόσο πιο ακριβής το μοντέλο πρόβλεψης και το αντίστροφο, όσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές τόσο πιο ανακριβείς το μοντέλο.

Μια ευρέως χρησιμοποιούμενη αξιολόγηση των μεθόδων πρόβλεψης είναι το μέσο απόλυτο ποσοστό σφάλματος (MAPE). Το MAPE υπολογίζεται ως ο μέσος όρος των απολύτων τιμών των ποσοστιαίων σφαλμάτων:

$$MAPE = \sum_{t=1}^N \frac{|Y_t - F_t|/Y_t}{N} = \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|/Y_t}{N}$$

Κεφάλαιο 4. Ερευνητικό μέρος

4.1 Εισαγωγή

Στο ερευνητικό μέρος θα επιλεγθεί μια βάση δεδομένων ζήτησης, ικανής πολυπλοκότητας και όγκου ώστε να εφαρμοστούν οι μέθοδοι πρόβλεψης που περιεγράφηκαν στο θεωρητικό μέρος. Συγκεκριμένα θα εφαρμοστούν οι:

- Πρόβλεψη με κινούμενο μέσο όρο.
- Πρόβλεψη με εκθετική εξομάλυνση.
- Πρόβλεψη με εκθετική εξομάλυνση με τάση.
- Πρόβλεψη με εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα.
- Πρόβλεψη με εκθετική εξομάλυνση με τάση και εποχικότητα.

Για κάθε μέθοδο θα υπολογιστούν οι μετρικές αποτίμησης επίδοσης του εκάστοτε μοντέλου (μέσο απόλυτο σφάλμα, μέση απόλυτη διακύμανση) και τα διαγράμματα ζήτησης-χρόνου και πρόβλεψης ζήτησης-χρόνου στο ίδιο σετ αξόνων. Επίσης για την καλύτερη αποτύπωση της απόδοσης του κάθε μοντέλου θα εκτελεστεί το ραβδόγραμμα αποθέματος που περιγράφει το απόθεμα του προϊόντος ανά περίοδο πρόβλεψης. Στις μεθόδους εξομάλυνσης όπου εφαρμόζονται άνω του ενός συντελεστές εξομάλυνσης (ανάλογα με τη συνιστώσα που αναφέρονται) γίνεται περεταίρω ανάλυση για την βέλτιστη επιλογή ζεύγους τιμών των συντελεστών.

4.2 Βάση δεδομένων

Το πρώτο βήμα για την ανάλυση των μεθόδων πρόβλεψης χρονοσειρών που αναλύθηκε στο θεωρητικό μέρος, είναι η επιλογή της βάσης δεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί. Επειδή τα δεδομένα ζήτησης αποθεμάτων θεωρούνται ευαίσθητες εμπορικές πληροφορίες, οι βάσεις δεδομένων αυτού του τύπου είναι περιορισμένες. Η αναζήτηση της βάσης έγινε στη πλατφόρμα [Kaggle.com](https://www.kaggle.com/) που είναι μια από τις μεγαλύτερες στον τομέα της ανάλυσης βάσεων δεδομένων.

Η πλατφόρμα παρέχει βάσεις δεδομένων στο κοινό προς ανάλυση και σύγκριση των αποτελεσμάτων, για την ανάδειξη της βέλτιστης λύσης στο εκάστοτε ερευνητικό ερώτημα. Επιλέχθηκε η βάση δεδομένων που αναρτήθηκε από το χρήστη FELIXZHAO με μόνιμο link ανάρτησης: <https://www.kaggle.com/datasets/felixzhao/productdemandforecasting> .

Ο γνώμονας για την επιλογή της βάσης δεδομένων ήταν να επιλεγεί μια βάση με ικανό όγκο και πολυπλοκότητα ώστε να αντικατοπτρίζει την επίδοση των μεθόδων πρόβλεψης σε πραγματικές συνθήκες. Η βάση προέρχεται από πραγματικά δεδομένα μιας πολυεθνικής κατασκευαστικής εταιρίας με παγκόσμιο ιστό πωλήσεων με πολλαπλά προϊόντα τα οποία κατατάσσονται σε 32 γενικές κατηγορίες και αποστέλλονται από το σημείο παραγωγής τους σε 4 διαφορετικές αποθήκες διάθεσης. Η τροφοδότηση από τη γραμμή παραγωγής προς τις αποθήκες διάθεσης είναι μηνιαία.

Η βάση αποτελείται από πέντε (5) μεταβλητές :

- Product Code: ο κωδικοποιημένος χαρακτηριστικός αριθμός αναγνώρισης του κάθε προϊόντος
- Warehouse : η αποθήκη διάθεσης
- Product Category: η γενική κατηγορία που κατατάσσεται το προϊόν
- Date: η καταληκτική ημερομηνία που επιθυμεί ο πελάτης παραλαβή των προϊόντων
- Order Demand: Ποσότητα παραγγελίας

Διατίθεται σε ένα αρχείο csv (comma separated values) και περιέχεται στο παραδοτέο αρχείο **Historical Product Demand.csv**.

Εικόνα 5. Στιγμιότυπο της βάσης δεδομένων

▲ Product_Code	▲ Warehouse	▲ Product_Category	☐ Date	# Order_Demand
The product name encoded	Warehouse name encoded	Product Category for each Product_Code encoded	The date customer needs the product	single order qty
Product_1359 2%	Whse_J 73%	Category_019 46%		
Product_1295 1%	Whse_A 15%	Category_005 10%		
Other (1021064) 97%	Other (130554) 12%	Other (465805) 44%		
Product_0993	Whse_J	Category_028	2012/7/27	100
Product_0979	Whse_J	Category_028	2012/1/19	500
Product_0979	Whse_J	Category_028	2012/2/3	500
Product_0979	Whse_J	Category_028	2012/2/9	500
Product_0979	Whse_J	Category_028	2012/3/2	500
Product_0979	Whse_J	Category_028	2012/4/19	500
Product_0979	Whse_J	Category_028	2012/6/5	500
Product_0979	Whse_J	Category_028	2012/6/27	500
Product_0979	Whse_J	Category_028	2012/7/23	500

Πηγή: (Kaggle.com)

Αποτελείται από 1048575 καταχωρήσεις (γραμμές) και 5 στήλες με συνολικό μέγεθος αρχείου 5MB. Οι ημερομηνίες ζήτησης που καλύπτει η βάση εκκινούν από την 27/7/2012 και τερματίζονται στις 27/6/2016, δηλαδή καλύπτουν ένα διάστημα σχεδόν πέντε (5) ετών.

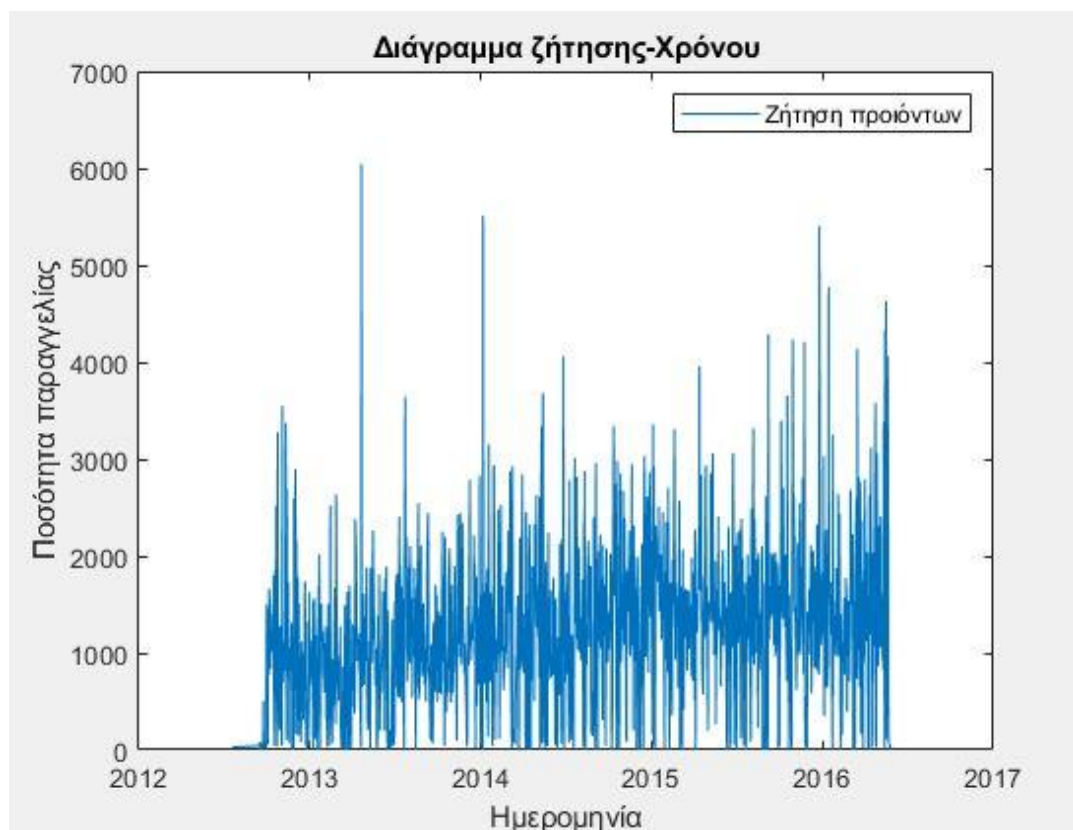
4.3 Προεργασία δεδομένων

Τα δεδομένα της βάσης για τις ανάγκες της εργασίας συγχωνεύτηκαν με κατάργηση της διάκρισης των προϊόντων που ανήκουν ανά κατηγορία και τη θεώρησή τους ως ένα προϊόν ανά κατηγορία, ώστε να μειωθεί η πολυπλοκότητα της βάσης, χωρίς όμως να χαθεί πληροφορία ως προς τη ζήτηση. Συγχωνεύτηκαν επίσης, με κατάργηση της διάκρισης των προϊόντων που ανήκουν ανά κατηγορία και τη θεώρησή τους ως ένα προϊόν ανά κατηγορία με αποτέλεσμα η ζήτηση για την ίδια ημερομηνία προϊόντων μιας ολόκληρης κατηγορίας αθροίστηκε σε μια τιμή.

Η ζήτηση εξετάστηκε από τη σκοπιά του εργοστασίου κατασκευής και λήφθηκε υπόψη μόνο η συνολική ζήτηση προς το εργοστάσιο. Κατά το σκεπτικό αυτό η διάκριση ανά αποθήκη διάθεσης καταργήθηκε και η ζήτηση από όλες τις αποθήκες συγχωνεύτηκε σε μία στήλη ζήτησης προς το εργοστάσιο κατασκευής. Συνεπώς μετά τις μετατροπές αυτές και με επιλογή μιας μόνο κατηγορίας προϊόντων κάθε φορά η μορφή της τροποποιημένης βάσης δεδομένων αποτελείται από δύο στήλες, την καταληκτική ημερομηνία ζήτησης και τη ποσότητα παραγγελίας προς το εργοστάσιο.

4.4 Εφαρμογή κινούμενου μέσου όρου

Πριν την εφαρμογή του κινούμενου μέσου όρου για την πρόβλεψη της ζήτησης θεωρήθηκε αναγκαίο να γίνει η γραφική παράσταση ζήτησης – χρόνου για ολόκληρο χρονικό διάστημα που καλύπτεται από τη βάση δεδομένων.



Διάγραμμα 1 Γραφική παράσταση Ζήτησης προϊόντων – χρόνου σε όλο το διάστημα για το προϊόν 1

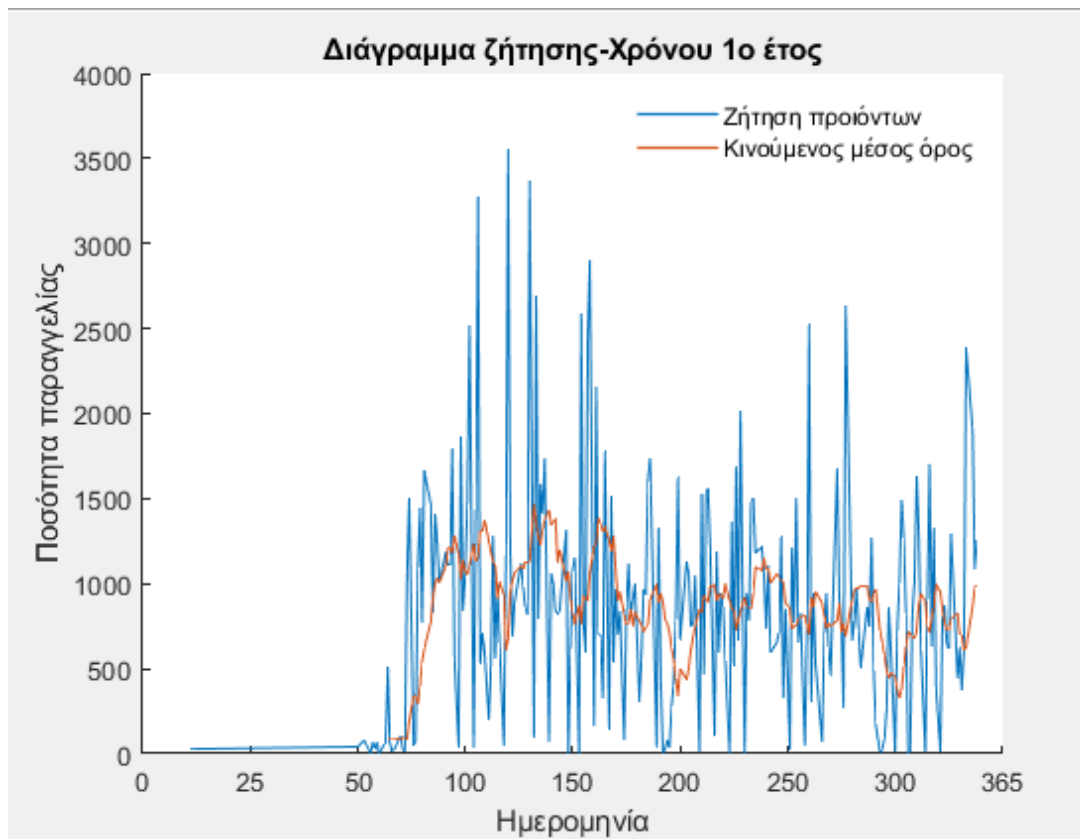
Επειδή το χρονικό διάστημα είναι μεγάλο (5 έτη) και το πλήθος των παραγγελιών μεγάλο, θα γίνει κατάτμηση του χρονικού διαστήματος ανά 364 ημέρες, δηλαδή ανά ένα έτος. Για τον υπολογισμό του κινητού μέσου όρου θα χρησιμοποιηθούν οι τιμές 10 ημερών πρότερα της τρέχουσας ημερομηνίας για τη πρόβλεψη της επόμενης τιμής αναδρομικά (Yule, 1909). Δηλαδή για το πρώτο έτος, η φόρμουλα υπολογισμού της τρέχουσας τιμής θα δίδεται από την Εξίσωση 1:

$$m_i = \frac{1}{10} \sum_{i=11}^{i=364} x_{i-11} + x_{i-10} + \dots + x_{i-1}$$

Εξίσωση 1 Κινούμενος μέσος όρος 10 ημερών

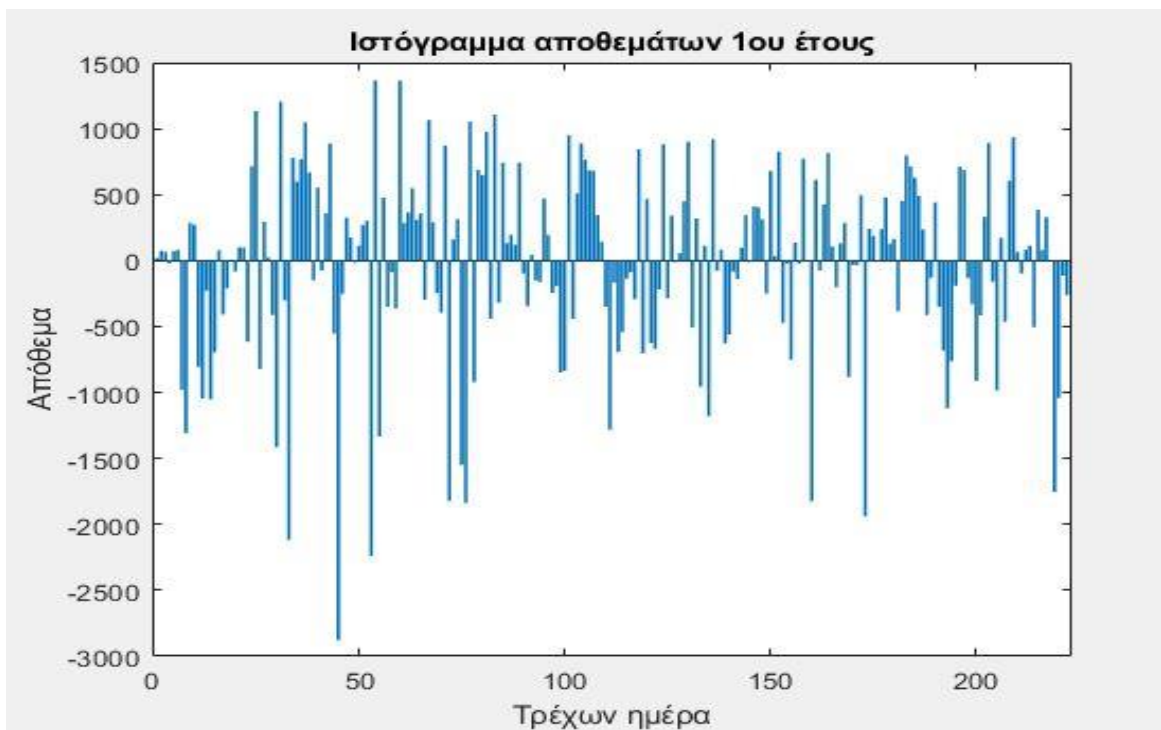
Όπου m_i είναι η τιμή πρόβλεψης για τη τρέχων θέση και x οι πραγματικές τιμές ζήτησης από μία έως δέκα ημέρες πριν τη τρέχουσα θέση.

Η εφαρμογή του κινούμενου μέσου όρου δέκα ημερών για το πρώτο έτος παράγει το Διάγραμμα 2:



Διάγραμμα 2 Γραφική παράσταση Ζήτησης – Χρόνου με κινούμενο μέσο όρο δέκα ημερών

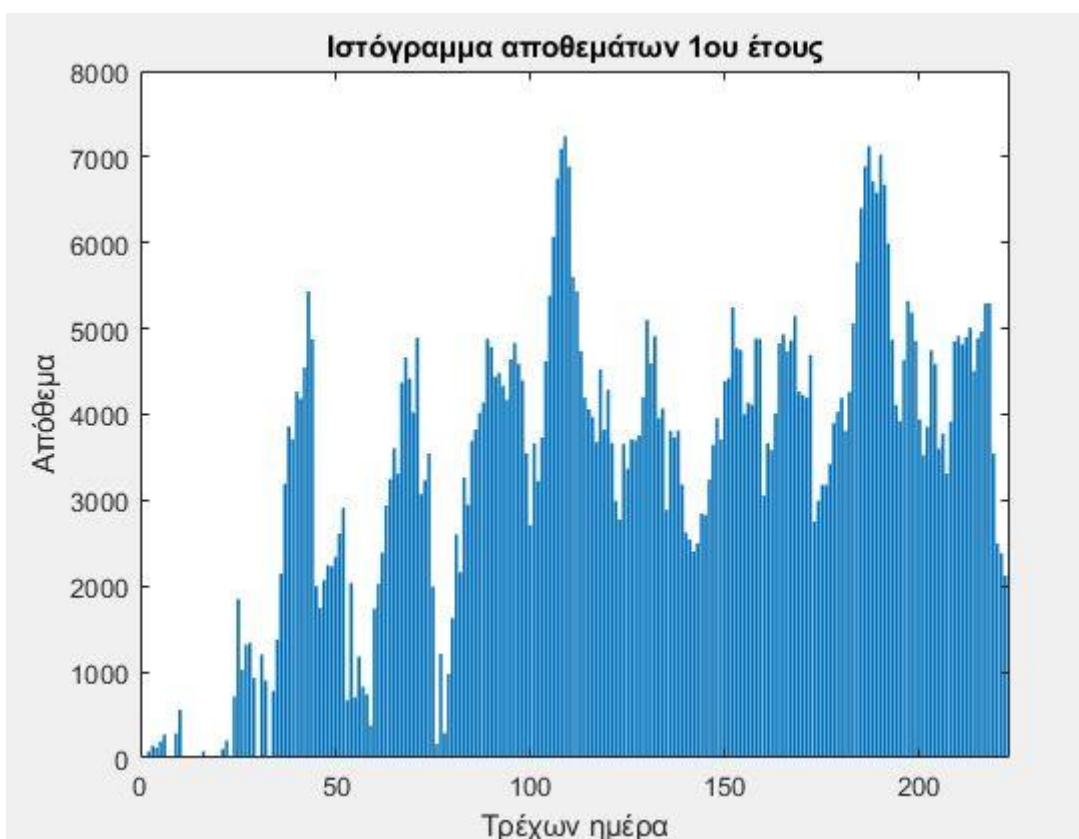
Στο διάγραμμα οι περιοχές της ζήτησης που βρίσκονται άνω της καμπύλης του μέσου όρου θεωρούνται ιδιαίτερα προβληματικές καθώς αυτό σημαίνει ότι η ζήτηση δεν ικανοποιήθηκε λόγω έλλειψης διαθέσιμων προϊόντων. Για τη καλύτερη παρακολούθηση της πορείας των αποθεμάτων υλοποιήθηκε το ιστόγραμμα αποθεμάτων για τον πρώτο χρόνο. (Διάγραμμα 3).



Διάγραμμα 3 Ιστόγραμμα αποθεμάτων κατά το πρώτος έτος με χρήση πρόβλεψης κινούμενου μέσου όρου 10 ημερών

Όπως γίνεται αντιληπτό από τις αρνητικές καταχωρήσεις στο Διάγραμμα 3 και το γεγονός ότι το απόθεμα προϊόντων είναι ένα θετικά ορισμένο μέγεθος (δεν είναι εφικτό να υπάρχει αρνητικός αριθμός αγαθών στην αποθήκη), οι παραγγελίες που είχαν καταληκτική ημερομηνία παράδοσης τις ημερομηνίες όπου προκύπτει αρνητικό απόθεμα χάθηκαν, με ό,τι αυτό συνεπάγεται για την εταιρεία (ακύρωση παραγγελίας, απώλεια πελατών δυσφήμιση κτλ).

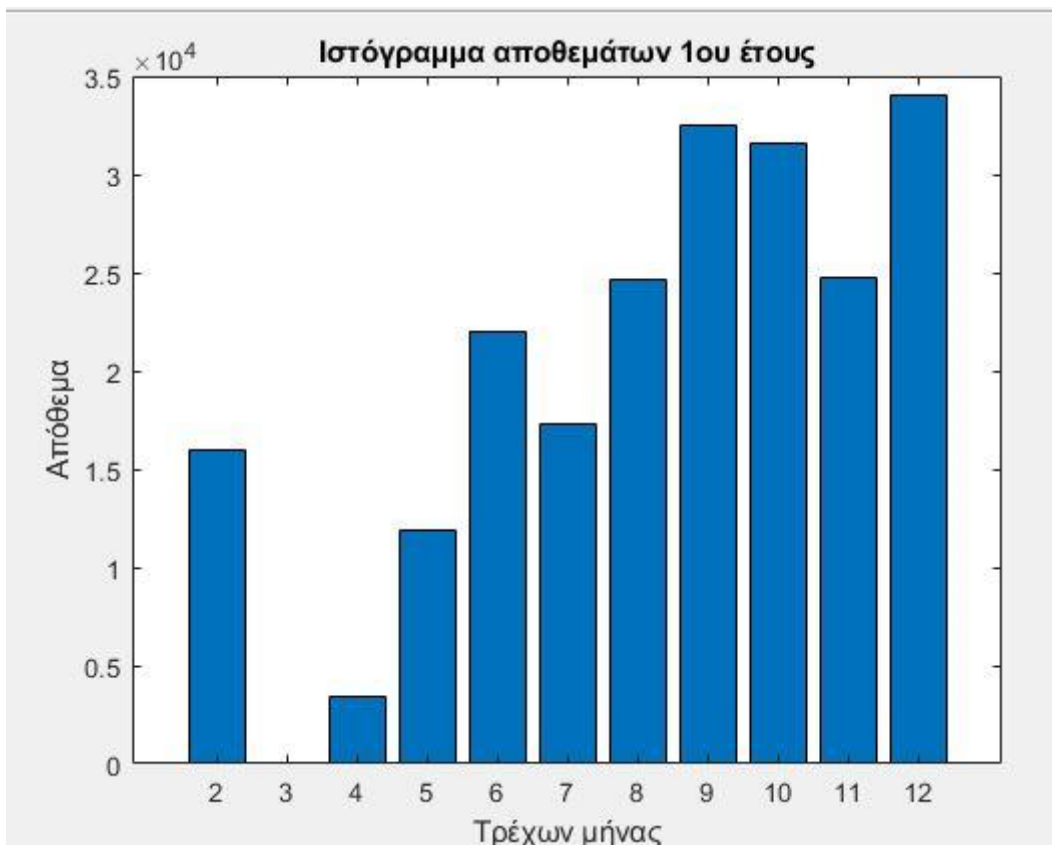
Ωστόσο θα ήταν ορθότερο για τη ρεαλιστική προσέγγιση καταγραφής του αποθεματικού να χρησιμοποιηθεί το σωρευτικό ιστόγραμμα αντί του απλού ιστογράμματος. Αυτό συμβαίνει διότι οι θετικές καταχωρήσεις (πλεονάζον απόθεμα) δε χάνονται και άρα θα πρέπει να συμψηφιστούν με τις επόμενες με τη χρονική σειρά όμως που προκύπτουν. Επίσης όταν προκύπτει αρνητική καταχώρηση και το απόθεμα είναι ήδη μηδέν επειδή είναι θετικά ορισμένο μέγεθος θα πρέπει να παραμένει μηδέν. Εφαρμόζοντας τους ως άνω κανόνες για το απόθεμα λαμβάνουμε το νέο βελτιωμένο ιστογράμμα αποθέματος (Διάγραμμα 4).



Διάγραμμα 4 Το βελτιωμένο ιστογράμμα αποθεμάτων 1^{ου} έτους με χρήση κινούμενου μέσου όρου 10 ημερών

Παρατηρούμε ότι μετά το πέρας της 40^{ης} περίπου ημέρας το απόθεμα δεν εξαντλήθηκε μέχρι το τέλος του έτους. Έφτασε σε ένα μέγιστο αποθεματικό 7238 προϊόντων και στο πέρας του έτους υπήρχε απόθεμα 2122 τεμαχίων. Η αρχική κακή επίδοση θα μπορούσε να έχει αποφευχθεί με τη χρήση αρχικού αποθεματικού το οποίο στη συγκεκριμένη προσομοίωση θεωρήθηκε μηδενικό.

Αν και τα δεδομένα πρόβλεψης με τη χρήση κινούμενου μέσου όρου παρήγαγαν θετικά αποτελέσματα, δεν έχει ληφθεί υπόψη μέχρι στιγμής ένας κρίσιμος παράγοντας, αυτός της ανατροφοδότησης ανά μήνα. Στην ως άνω ανάλυση θεωρήθηκαν παραδόσεις ανά ημέρα παραγγελίας κάτι που δεν συμβαδίζει με τη πραγματικότητα. Δηλαδή θα πρέπει η περίοδος ανατροφοδότησης των προϊόντων να οριστεί ανά μήνα. Συνεπώς, το μοντέλο εκκινεί τις προβλέψεις από το δεύτερο μήνα, με περίοδο πρόβλεψης ανά μήνα όπου το απόθεμα ανατροφοδοτείται με τη χρήση κινητού μέσου όρου 30 ημερών. Εφαρμόζοντας τους παραπάνω κανόνες προκύπτει Διάγραμμα 5.



Διάγραμμα 5 Ιστόγραμμα αποθεμάτων με τροφοδοσία ανά μήνα για το πρώτο έτος

Τον πρώτο μήνα θεωρήθηκε απόθεμα ίσο με το μέσο όρο των 30 ημερών επί 30 ημέρες. Παρατηρούμε ότι το απόθεμα τον τρίτο μήνα είναι μηδενικό, που σημαίνει ότι η μέθοδος αστόχησε στο να εξυπηρετήσει τη ζήτηση για το μήνα αυτό.

Στο Διάγραμμα 5 η τροφοδοσία αποθέματος πραγματοποιήθηκε ανά μήνα, με το μέσο όρο ζήτησης του προηγούμενου. Επίσης εφαρμόστηκαν οι περιορισμοί του μη αρνητικού αποθέματος και το θετικό απόθεμα κάθε χρήσης να μετακυλήσετε στην επόμενη. Από το 4^ο έως το τελευταίο μήνα βλέπουμε μια αυξητική τάση του αποθέματος η οποία εάν συνεχιστεί υπέρμετρα ενδεχομένως να αποτελέσει πρόβλημα για την επιχείρηση.

Για την αποτίμηση των αποτελεσμάτων του κινούμενου μέσου όρου θα χρησιμοποιηθούν οι μετρικές του μέσου απόλυτου ποσοστιαίου σφάλματος (mean absolute percentage error) και η μέση απόλυτη απόκλιση (mean absolute deviation).

Το μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα υπολογίζεται από το τύπο :

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum \frac{|ΠΡΟΒΛΕΨΗ - ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ|}{ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ} \cdot 100$$

Εξίσωση 2 Μέσο απόλυτο σφάλμα

Όπου N είναι ο αριθμός των προβλέψεων, ο οποίος είναι προφανώς ίσος με τον αριθμό των πραγματικών τιμών για τις οποίες έγινε πρόβλεψη. Η μετρική MAPE ερμηνεύεται ως το ποσοστό επί τις εκατό που διαφέρει το μοντέλο που επιλέξαμε για πρόβλεψη από τις πραγματικές τιμές. Για τον υπολογισμό MAPE χρειαζόμαστε το πίνακα με τις τιμές πρόβλεψης από το 2^ο μήνα έως το 12^ο καθώς και τις αντίστοιχες πραγματικές τιμές ζήτησης.

Πίνακας 1 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΙΜΕΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΩΤΟ ΕΤΟΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΚΙΝΟΥΜΕΝΟΥ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΕΥΡΟΥΣ ΜΗΝΑ

ΜΗΝΑΣ	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ΠΡΟΒΛΕΨΗ	11459	34181	34214	29686	21698	28367	24210	20485	22895	37216	28305
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ	28484	30793	25728	19528	26476	20982	16388	21369	29773	27881	25303

Το απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα υπολογίστηκε σε $MAPE = 10,735\%$, το οποίο σημαίνει ότι κατά αυτό το ποσοστό διαφέρει το μοντέλο πρόβλεψης από τη πραγματικότητα.

Ο αντίστοιχος τύπος για τη μέση απόλυτη απόκλιση είναι:

$$MAD = \frac{1}{N} \sum |ΠΡΟΒΛΕΨΗ - ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ|$$

Εξίσωση 3 Μέση απόλυτη απόκλιση

Η αντίστοιχη τιμή της μετρικής αυτής είναι $MAD = 7640$. Η ερμηνεία της μετρικής αυτής είναι ότι αποτελεί το μέσο όρο των σφαλμάτων πρόβλεψης.

4.5 Εφαρμογή εκθετικής εξομάλυνσης

Στην εκθετική εξομάλυνση επιβάλλουμε εκθετικά μειούμενα βάρη στις παρελθοντικές παρατηρήσεις για να προβλέψουμε την επόμενη τιμή της χρονοσειράς (Brown, 1959). Θα χρησιμοποιήσουμε το τύπο:

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

Εξίσωση 4 Τύπος απλής εκθετικής εξομάλυνσης

Όπου $F_{(t+1)}$ είναι η πρόβλεψη για την επόμενη χρονική περίοδο, Y_t είναι η πραγματική τιμή της χρονοσειράς στη τρέχουσα περίοδο, F_t είναι η πρόβλεψη για τη τρέχουσα περίοδο και a είναι ο συντελεστής εξομάλυνσης.

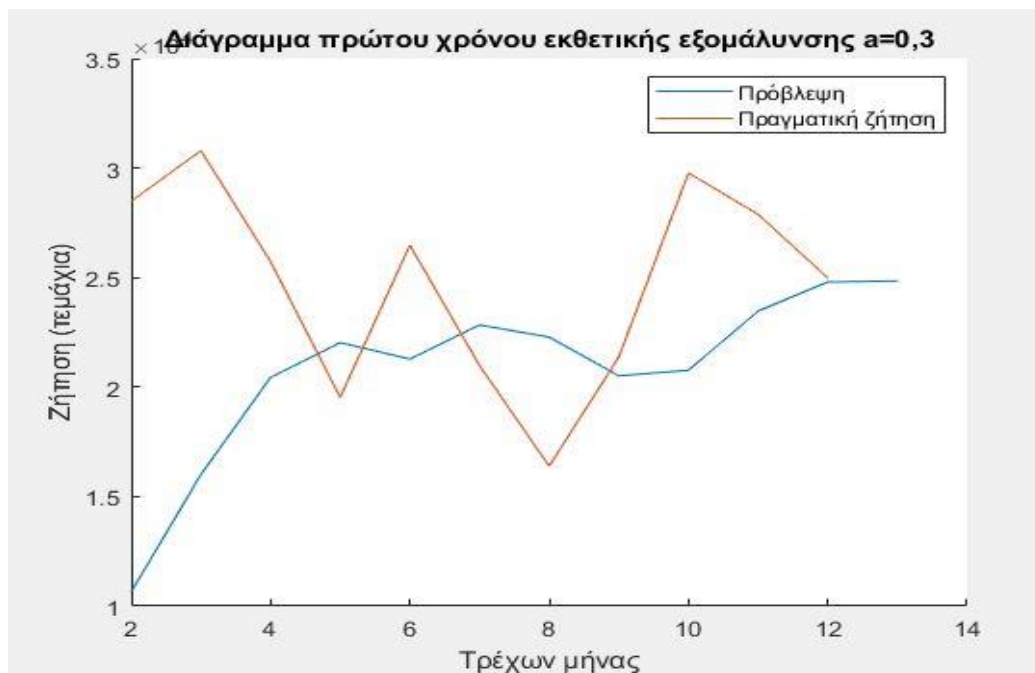
Ο συντελεστής εξομάλυνσης λαμβάνει τιμές στο εύρος $[0, 1]$ και επιλέγεται από τον εκάστοτε χρήστη. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του, τόσο μεγαλύτερο στατιστικό βάρος προσδίδεται στη τιμή της τελευταίας περιόδου τιμών της χρονοσειράς. Το αποτέλεσμα είναι το μοντέλο να εναρμονίζεται γρηγορότερα σε τυχόν νέες έντονες αλλαγές των πραγματικών τιμών.

Η επιλογή τιμής του συντελεστή εξομάλυνσης αν και σημαντική, μπορεί να μεταβληθεί κατά το δοκούν ώστε να παράγονται μικρότερα σφάλματα στις προβλέψεις του μοντέλου. Ως πρώτη προσέγγιση θα θέσουμε τις παραμέτρους του μοντέλου όπως εμφανίζονται στο Πίνακα 2.

Πίνακας 2 ΑΡΧΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΠΛΗΣ ΕΚΘΕΤΙΚΗΣ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΩΤΟ ΕΤΟΣ

Παράμετρος	Τιμή
α	0,3
F_t	11459
Y_t	28484

Όπου η τιμή για τη πρώτη πρόβλεψη τέθηκε ως ο μέσος όρος των παρατηρήσεων του πρώτου μήνα. Το μοντέλο θα εκκινεί από το δεύτερο μήνα του πρώτου έτους έως το δωδέκατο του ίδιου έτους.



Διάγραμμα 6 Εκθετική εξομάλυνση για το πρώτος έτος σύμφωνα με τις παραμέτρους του Πίνακα 2

Στο Διάγραμμα 6 παρατηρούμε μεγάλη απόκλιση της πρόβλεψης με τη πραγματική ζήτηση. Για την αποτύπωση της απόδοσης του μοντέλου πρόβλεψης υπολογίζουμε τις μετρικές MAPE και MAD.

Πίνακας 3 Μετρικές απόκλισης για το πρώτος με εκθετική εξομάλυνση και συντελεστή $\alpha=0.3$

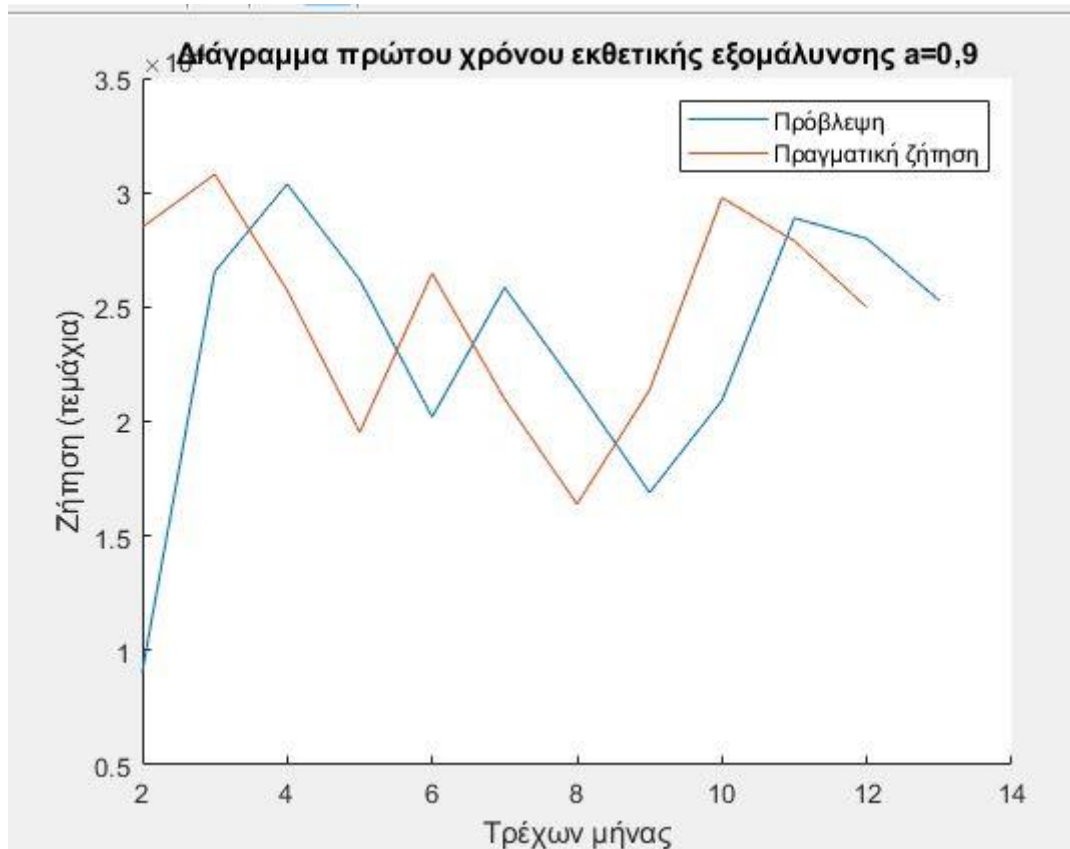
MAD	MAPE
4111	16.89%

Η επιλογή του συντελεστή εκθετικής εξομάλυνσης έγινε τυχαία. Συνεπώς κρίνεται δόκιμο να εξεταστούν και άλλες τιμές και να διενεργηθεί η ανάλυση MAPE/MAD ώστε να επιλεγθεί ο συντελεστής με τη μικρότερη απόκλιση από τη πραγματικότητα. Σε αυτό το πλαίσιο, υπολογίζονται οι τιμές για συντελεστή εξομάλυνσης στο εύρος [0.3 0.9] και παράλληλα οι μετρικές MAPE και MAD.

Πίνακας 4 Μετρικές απόκλισης για το πρώτο έτος δια διάφορες τιμές του συντελεστή εξομάλυνσης

a	MAD	MAPE
0,3	4111	16,89%
0,4	3424,1	19,89%
0,5	3036,8	17,51%
0,6	2551,1	14,56%
0,7	1983,3	11,22%
0,8	1354	7,59%
0,9	698,26	3,86%

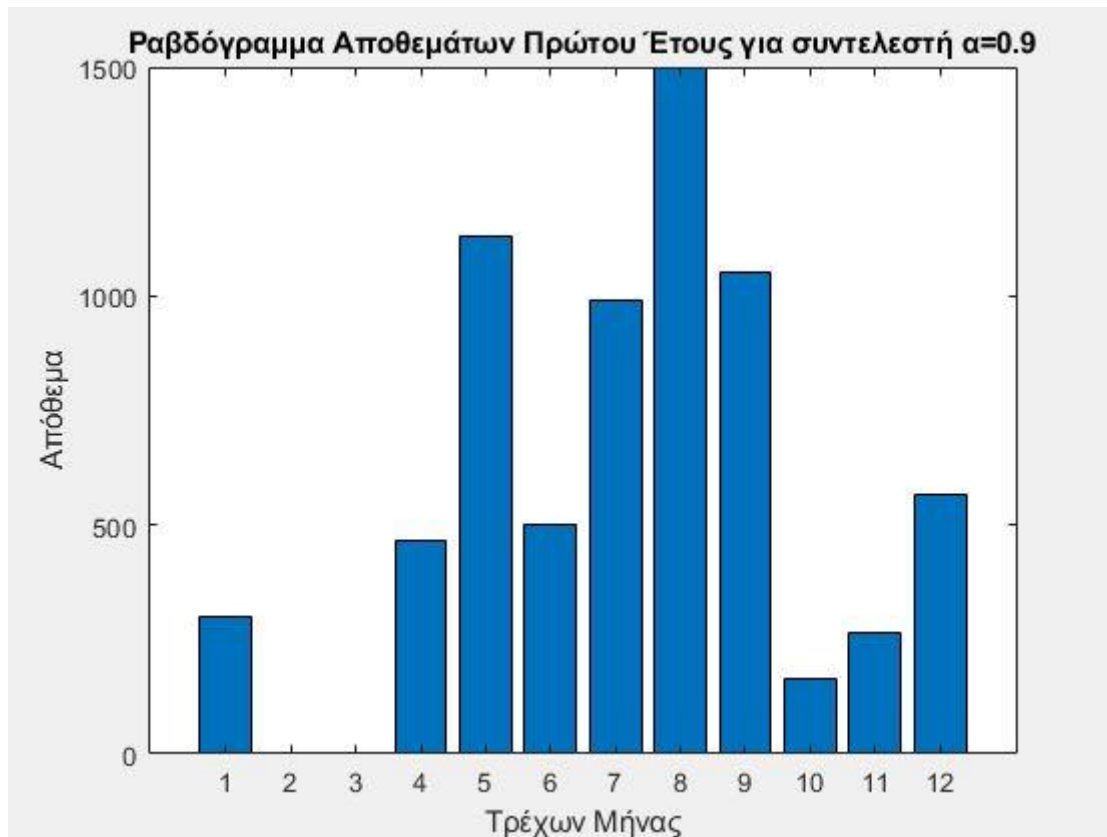
Από τον Πίνακα 4 είναι προφανές ότι τη καλύτερη επίδοση εμφανίζει ο συντελεστής εξομάλυνσης $a = 0.9$ με μέσο απόλυτο σφάλμα 698,26 και το μοντέλο να αποκλίνει από τη πραγματική ζήτηση κατά μόλις 3,86%. Συνεπώς για την επιλογή $a = 0.9$ παραθέτουμε το διάγραμμα ζήτησης – χρόνου με το αντίστοιχο διάγραμμα πρόβλεψης στο ίδιο σετ αξόνων.



Διάγραμμα 7 Εκθετική εξομάλυνση για το πρώτος έτος με συντελεστή $\alpha=0,9$

Όπου η καμπύλη της πρόβλεψης φαίνεται να ακολουθεί καλύτερα την τοπογραφία της καμπύλης ζήτησης με $MAD=698,26$ και $MAPE=3,86\%$ όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 4.

Για την παρακολούθηση των αποθεμάτων κάνουμε το ραβδόγραμμα αποθεμάτων και με τους κανόνες που εφαρμόστηκαν και στο κινητό μέσο όρο. Όταν το απόθεμα γίνεται δυνητικά αρνητικό, επειδή είναι θετικά ορισμένο μέγεθος μηδενίζεται. Το πλεόνασμα του προηγούμενου μήνα προστίθεται στο απόθεμα του τρέχοντος. Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 8.



Διάγραμμα 8 Αποθέματα για το πρώτο έτος με χρήση συντελεστή εξομάλυνσης $\alpha=0,9$

Παρατηρούμε αστοχία πρόβλεψης το δεύτερο και τρίτο μήνα όπου τα αποθέματα είναι μηδενικά και συνεπώς δε καλύφθηκε η ζήτηση. Το πρόβλημα αυτό λύνεται εάν θεωρήσουμε μεγαλύτερο αρχικό απόθεμα. Από τον τέταρτο μήνα και έως το τέλος του πρώτου χρόνου βλέπουμε το απόθεμα να είναι πάντοτε θετικό και μάλιστα χωρίς μεγάλες αυξομειώσεις, το οποίο σημαίνει ότι το μοντέλο είχε ικανοποιητικές επιδόσεις.

4.6 Εφαρμογή εκθετικής εξομάλυνσης με τάση

Η εκθετική εξομάλυνση με τάση εφαρμόζεται όταν υπάρχει μια ξεκάθαρη τάση (είτε ανοδική, είτε καθοδική) στα δεδομένα της χρονοσειράς (Lembke, 2015). Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί τη τακτική της διαίρεσης της συμπεριφοράς των δεδομένων της χρονοσειράς σε δύο διακριτά μέρη, την τάση και το υπόβαθρο.

Για το υπόβαθρο χρησιμοποιούμε τον τύπο υπολογισμού της πρόβλεψης :

$$L_t = a \cdot Y_t + (1 - a)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

Εξίσωση 5 Τύπος υπολογισμού υποβάθρου εκθετικής εξομάλυνσης με τάση

Όπου L_t είναι η τρέχουσα πρόβλεψη και L_{t-1} είναι η ακριβώς προηγούμενη της τρέχουσας πρόβλεψη. Y_t είναι η τρέχουσα πραγματική τιμή της ζήτησης και T_{t-1} είναι η πρόβλεψη της τάσης της προηγούμενης χρονικής περιόδου. Προφανώς η ύπαρξη του όρου T_{t-1} κάνει υποχρεωτικό τον υπολογισμό της πρόβλεψης τάσης πρότερα του υπολογισμού υποβάθρου.

Για τον υπολογισμό της τάσης θα γίνει χρήση του τύπου :

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

Εξίσωση 6 Τύπος υπολογισμού τάσης εκθετικής εξομάλυνσης με τάση

Όπου T_{t+1} και T_t είναι οι προβλέψεις τάσης της τρέχων και αμέσως προηγούμενης χρονικής περιόδου αντίστοιχα και ομοίως L_t και L_{t-1} είναι οι προβλέψεις υποβάθρου για την προηγούμενη της τρέχουσας και την προπροηγούμενη περίοδο. Η σταθερά β είναι ο συντελεστής εξομάλυνσης τάσης. Οι αρχικές προβλέψεις τάσης και υποβάθρου θα πρέπει να γίνουν με αντικειμενικά κριτήρια ώστε ο αλγόριθμος να εκκινήσει από ένα σημείο κοντά στη πραγματικότητα. Για το λόγο αυτό θα χρησιμοποιηθούν δεδομένα από το πρώτο μήνα και το μοντέλο θα εκτελεί αναδρομικά προβλέψεις για το υπόλοιπο του έτους. Συνεπώς θα χρησιμοποιηθεί ως πρόβλεψη βάσης υποβάθρου ο μέσος όρος ζήτησης του πρώτου μήνα επί 30 ημέρες και ως πρόβλεψη τάσης η απόλυτη διαφορά του μέσου όρου μείον τη μέγιστη τιμή ζήτησης επί 30. Δηλαδή:

$$L_t(1) = 30 \cdot \text{μέσος όρος ζήτησης πρώτου μήνα}$$

$$T_t(1) = 30 \cdot |\text{μέγιστη τιμή ζήτησης πρώτου μήνα} - \text{μέσος όρος ζήτησης}|$$

Η παρουσία δύο συντελεστών εξομάλυνσης α και β αυξάνει το βαθμό πολυπλοκότητας του μοντέλου πρόβλεψης. Η τακτική επιλογής τιμής για τους συντελεστές θα γίνει με κριτήριο τις μετρικές MAD και MAPE. Για το ίδιο σύνολο διακριτών τιμών [0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9] για κάθε συντελεστή, θα εξεταστούν οι επιδόσεις του μοντέλου για όλους τους συνδυασμούς, ώστε να γίνει επιλογή του ζεύγους τιμών που αποδίδει το χαμηλότερο σφάλμα.

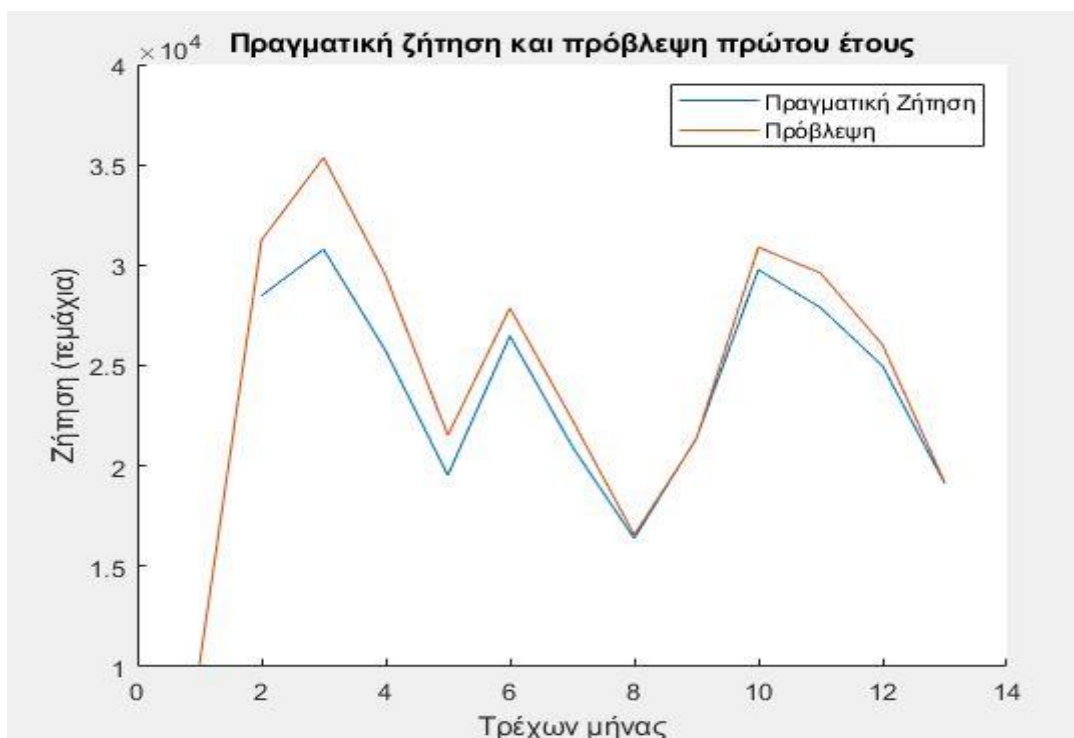
Πίνακας 5 Ζεύγη τιμών συντελεστών εξομάλυνσης και οι αντίστοιχες μετρικές MAPE και MAD που αποδίδουν

MAD	MAPE (%)	a	b
6866.7	31.786	0.2	0.2
6977.2	32.566	0.2	0.3
6903.7	32.391	0.2	0.4
6784.5	31.81	0.2	0.5
6877.4	31.865	0.2	0.6
7148.6	32.57	0.2	0.7
7329.9	32.89	0.2	0.8
7441.2	32.949	0.2	0.9
5863.6	27.409	0.3	0.2
5779.6	27.032	0.3	0.3
5786.1	26.724	0.3	0.4
5729.2	26.079	0.3	0.5
5951.8	26.746	0.3	0.6
6081.9	27.066	0.3	0.7
6283.7	27.594	0.3	0.8
6413.9	27.867	0.3	0.9
4862.5	22.773	0.4	0.2
4694.8	21.827	0.4	0.3
4738.5	21.72	0.4	0.4
4964.4	22.257	0.4	0.5

5052.4	22.272	0.4	0.6
5054.3	22.12	0.4	0.7
5197	22.918	0.4	0.8
5527.5	24.439	0.4	0.9
3849.2	18.149	0.5	0.2
3887.5	17.943	0.5	0.3
3965.4	17.864	0.5	0.4
3966.1	17.461	0.5	0.5
4051	17.774	0.5	0.6
4343.1	19.003	0.5	0.7
4592.2	19.999	0.5	0.8
4691.8	20.228	0.5	0.9
3228.2	15.03	0.6	0.2
3241.9	14.687	0.6	0.3
3148.4	13.887	0.6	0.4
3173.8	13.88	0.6	0.5
3412.7	14.76	0.6	0.6
3629.6	15.445	0.6	0.7
3865.4	16.102	0.6	0.8
4147.3	17.014	0.6	0.9
2585.3	11.943	0.7	0.2
2451.4	10.984	0.7	0.3
2477	10.798	0.7	0.4
2667.8	11.372	0.7	0.5
3091	12.933	0.7	0.6
3483.8	14.415	0.7	0.7
3916.7	16.239	0.7	0.8
4212.6	17.508	0.7	0.9
1960.4	8.9833	0.8	0.2
2017.5	8.7353	0.8	0.3
2287.7	9.7211	0.8	0.4

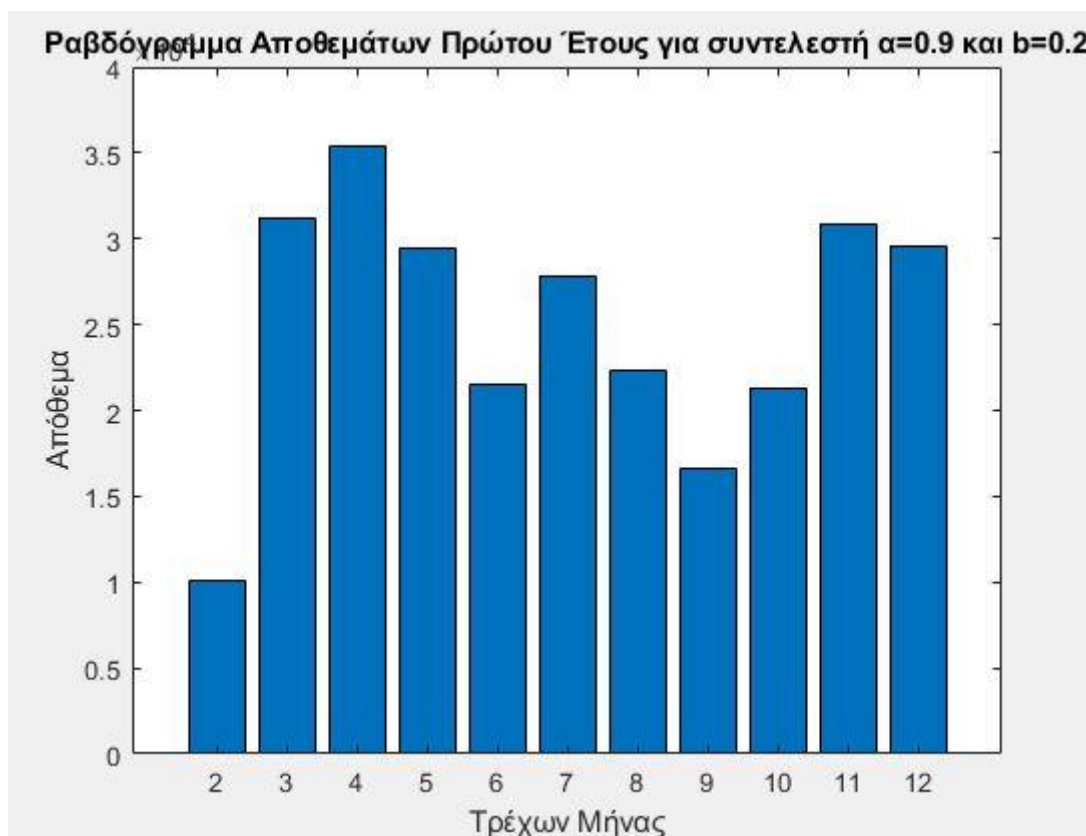
2647.9	11.045	0.8	0.5
3162.1	13.243	0.8	0.6
3545.2	14.909	0.8	0.7
3880.2	16.378	0.8	0.8
4143	17.567	0.8	0.9
1767.6	7.5889	0.9	0.2
2051.1	8.6591	0.9	0.3
2353.8	9.8667	0.9	0.4
2824.2	11.954	0.9	0.5
3284.7	13.966	0.9	0.6
3770.2	16.112	0.9	0.7
4386.5	18.753	0.9	0.8
5013.7	21.429	0.9	0.9

Από το παραπάνω πίνακα είναι εμφανές ότι το ζεύγος $\alpha = 0,9$ και $b = 0,2$ αποδίδει τα χαμηλότερα σφάλματα με $MAD = 1767,6$ και $MAPE = 7,59\%$. Συνεπώς θα γίνει εκλογή αυτών των συντελεστών για την ανάλυση.



Διάγραμμα 9 Εκθετική εξομάλυνση με τάση για το πρώτο έτος χρήσης

Παρατηρούμε στο Διάγραμμα 9 ότι η καμπύλη πρόβλεψης ακολουθεί αρκετά καλά τη τοπογραφία της καμπύλης πραγματικής ζήτησης και βρίσκεται σταθερά πάνω από αυτή. Συνεπώς για την συγκεκριμένη εκλογή των συντελεστών υποβάθρου και τάσης το μοντέλο επέφερε εντυπωσιακά καλά αποτελέσματα.



Διάγραμμα 10 Αποθέματα για το πρώτο έτος με χρήση συντελεστών εξομάλυνσης $\alpha=0,9$ και $b=0.2$

Παρατηρούμε ότι σε όλο το έτος το απόθεμα ήταν σταθερά μη μηδενικό και καλύφθηκε πλήρως η ζήτηση. Επίσης τα αποθέματα κινήθηκαν σε λογικές τιμές και δεν υπήρξε υπέρμετρη αύξηση του αποθεματικού στο τέλος χρήσης. Σωρευτικά το μοντέλο απέδωσε αρκετά καλά σε όλη τη διάρκεια του έτους.

4.7 Εφαρμογή εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα

Όπως και στην εκθετική εξομάλυνση με τάση γίνεται διακριτοποίηση της ζήτησης σε υπόβαθρο και εποχικότητα. Συνεπώς υπάρχουν δύο συνιστώσες προβλέψεων για κάθε περίοδο της χρονοσειράς με τη διαφορά ότι αντί για το άθροισμα των προβλέψεων για την απόδοση της τελικής πρόβλεψης ανά περίοδο ακολουθείται διαφορετική τακτική.

Για να μη στερείται νοήματος η ανάλυση εποχικότητας θα πρέπει να υπάρχουν τα δεδομένα δύο τουλάχιστον πλήρη χρήσεων (έτη). Συνεπώς η ανάλυση θα γίνει για το τρίτο έτος χρησιμοποιώντας τα δεδομένα εποχικότητας του πρώτου. Ο υπολογισμός της εποχιακής συνιστώσας εξάγεται από το μέσο όρο των αντίστοιχων μηνών ανά ζεύγη και από τα δύο έτη. Επιπροσθέτως θα πρέπει να διασφαλιστεί ότι το άθροισμα των επιμέρους τιμών της εποχιακής συνιστώσας είναι μηδέν ανά χρονική περίοδο. Ο λόγος για την απαίτηση αυτή είναι ότι αν δεν είναι μηδέν τότε σημαίνει ότι υπάρχει τάση προς κάποια κατεύθυνση και άρα δεν είναι εποχιακή η συνιστώσα. Για να επιτευχθεί αυτό αφαιρούμε το μέσο όρο των δύο ετών από το μέσο όρο των αντίστοιχων μηνών ανά διετία.

Η πραγματική ζήτηση για τα δύο πρώτα έτη και η αντίστοιχη εποχιακή πρόβλεψη για το τρίτο έτος, θα είναι:

Πίνακας 6 Ζήτηση πρώτων δύο ετών και η αντίστοιχη εποχιακή πρόβλεψη για το τρίτο έτος

1 ^ο Έτος	8785	28484	30793	25728	19528	26476	20982	16388	21369	29773	27881	24976
2 ^ο Έτος	19130	33645	30374	26208	21393	26143	32826	26511	35813	29158	29469	27373
Μέσος Όρος	13958	31065	30583	25968	20461	26309	26904	21450	28591	29465	28675	26174

Εποχιακή Πρόβλεψη	11843	5264	4783	168	-5340	509	1104	-4351	2791	3665	2875	374
-------------------	-------	------	------	-----	-------	-----	------	-------	------	------	------	-----

Για τον υπολογισμό της συνιστώσας υποβάθρου θα γίνει χρήση του τύπου :

$$L_{t+1} = a(Y_t - S_{t-m}) + (a - 1)L_t$$

Εξίσωση 7 Τύπος υπολογισμού συνιστώσας υποβάθρου για εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα

Όπου L_{t+1} και L_t είναι η επόμενη και η τρέχουσα πρόβλεψη υποβάθρου αντίστοιχα. Ο όρος Y_t αναφέρεται στη τρέχων πραγματική ζήτηση και ο όρος S_{t-m} στη πρόβλεψη εποχικότητας που έχει προκύψει από τις δύο τελευταίες χρήσεις (έτη).

Παράλληλα με τον υπολογισμό του υποβάθρου γίνεται και ο υπολογισμός της συνιστώσας εποχικότητας, που όμως δεν θα χρησιμοποιηθεί για τη πρόβλεψη του τρέχοντος έτους αλλά θα γίνει χρήση της σε ενδεχόμενη πρόβλεψη του επόμενου έτους. Ο τύπος για τον υπολογισμό της συνιστώσας εποχικότητας είναι :

$$S_{t+1} = \beta(Y_t - L_t) + (1 - \beta)S_{t-m}$$

Εξίσωση 8 Τύπος υπολογισμού συνιστώσας εποχικότητας για εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα

Όπου S_{t+1} και S_{t-m} είναι η τρέχουσα πρόβλεψη εποχικότητας και η αμέσως προηγούμενη αντίστοιχα. Κατά πλήρη αντιστοιχία Y_t είναι η τρέχουσα ζήτηση και L_t η τρέχουσα πρόβλεψη της συνιστώσας υποβάθρου.

Η συνολική πρόβλεψη αποτελείται από το άθροισμα της τρέχουσας πρόβλεψης υποβάθρου και την προηγούμενης της τρέχουσας πρόβλεψης της συνιστώσας εποχικότητας. Ήτοι :

$$F_{t+1} = L_{t+1} + S_t$$

Εξίσωση 9 Τύπος υπολογισμού τελικής πρόβλεψης για εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα

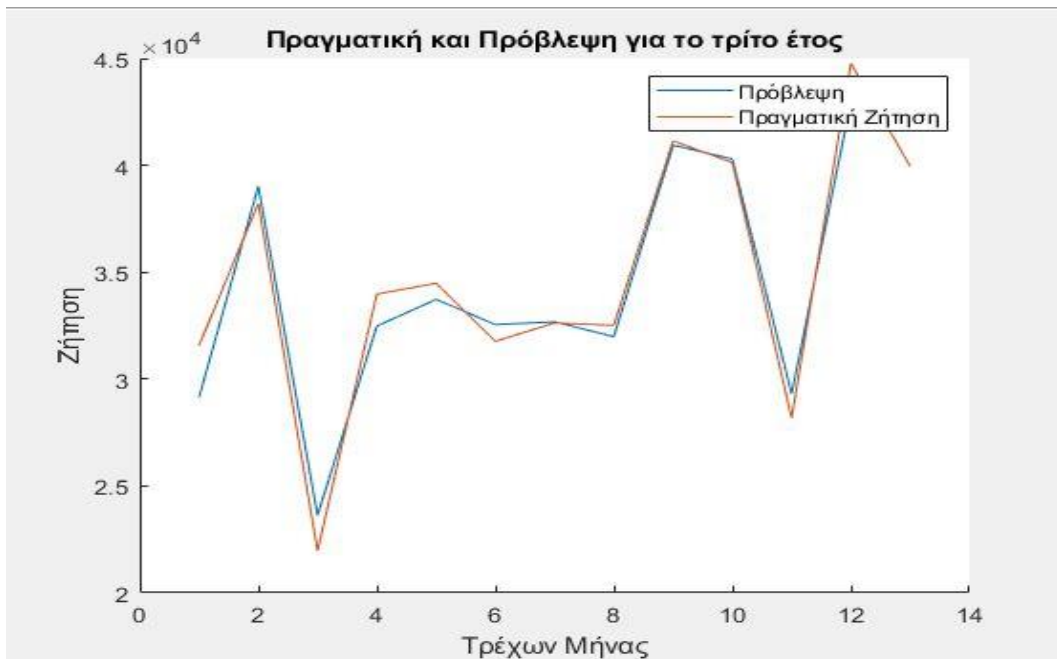
Δεδομένου ότι στο τελικό υπολογισμό της πρόβλεψης δε λαμβάνεται υπόψη η τρέχουσα εποχικότητα αλλά αυτή που προέκυψε τα δύο τελευταία έτη, για την επιλογή του συντελεστή εξομάλυνσης υποβάθρου υπολογίζουμε σε ένα εύρος τιμών από 0,2 έως 0,9 με βήμα 0,1 τις μετρικές απόκλισης MAPE και MAD.

Πίνακας 7 Τιμές MAPE και MAD για διαφορετικές τιμές συντελεστή συνιστώσας υποβάθρου

Συντελεστής α	MAD	MAPE(%)
0,2000	1554,1	34,71
0,3000	1374,5	30,70
0,4000	1269,9	28,36
0,5000	1203,3	26,87
0,6000	1157,1	25,84
0,7000	1122,5	25,07
0,8000	1094,7	24,45
0,9000	1070,8	23,91

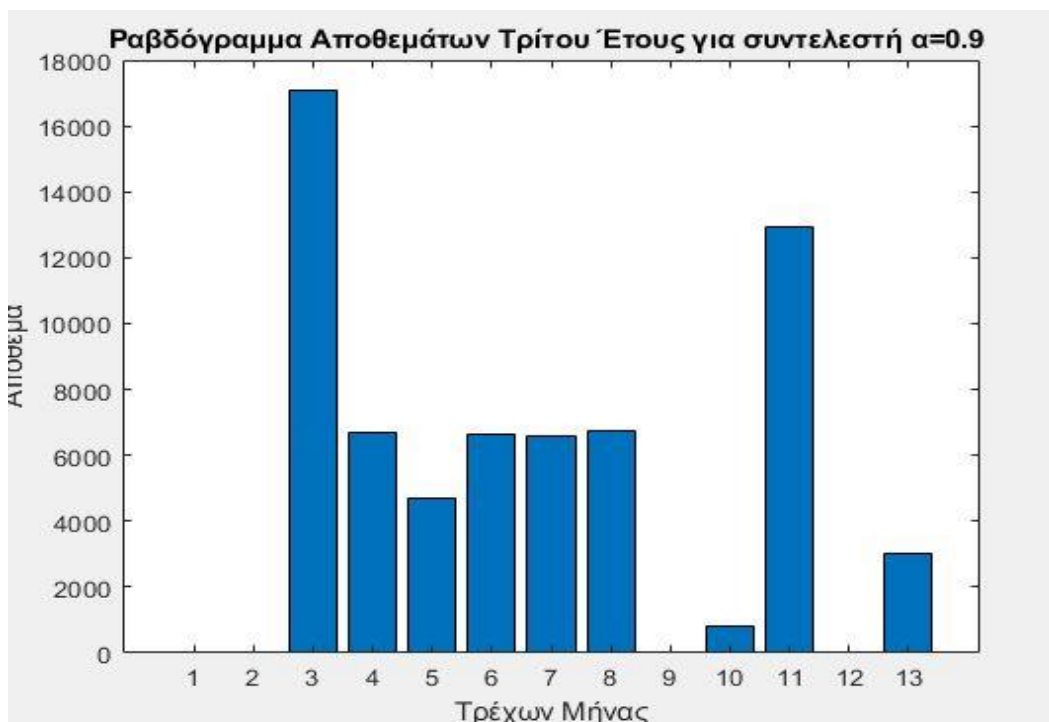
Από τον Πίνακα 7 προκύπτει ότι ο καλύτερος εναρμονισμός του μοντέλου πρόβλεψης προκύπτει για την επιλογή συντελεστή εξομάλυνσης συνιστώσας υποβάθρου $\alpha = 0,9$, όπου η μετρική MAPE καταδεικνύει τη χαμηλότερη απόκλιση από τη πραγματική ζήτηση σε ποσοστό 23,91%.

Εκτελώντας τη γραφική παράσταση της πραγματικής ζήτησης και της αντίστοιχης πρόβλεψης με εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα για το τρίτο έτος χρήσης παίρνουμε



Εικόνα 2 Εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα για το τρίτος έτος με συντελεστή υποβάθρου $\alpha=0,9$

Παρατηρώντας τη γραφική παράσταση της πρόβλεψης με τη πραγματική ζήτηση βλέπουμε ότι υπάρχει συμφωνία της τοπογραφίας των δύο καμπυλών. Για καλύτερη αποτύπωση της απόδοσης του μοντέλου εκτελούμε το ραβδόγραμμα αποθεμάτων.



Εικόνα 3 Ραβδόγραμμα Αποθεματικού για το τρίτο έτος με εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα

Για τον υπολογισμό των αποθεμάτων έγινε χρήση αρχικού στοκ ίση με το μέσο όρο ζήτησης του προηγούμενου έτους. Ωστόσο ακόμα και με τη παραδοχή του αρχικού στοκ το μοντέλο αστόχησε να προβλέψει τη ζήτηση τους δύο πρώτους μήνες. Αν και το πρόβλημα των δύο πρώτων μηνών επιλύεται με την επιβολή μεγαλύτερου αρχικού αποθεματικού, το μοντέλο αστόχησε και τον 9^ο και τον 12^ο μήνα (όπου η ζήτηση υποσκέλισε την διαθεσιμότητα και το αποθεματικό έγινε μηδέν). Στα θετικά του μοντέλου εποχικότητας είναι η διατήρηση ενός λογικού μέσου όρου στοκ.

4.8 Εφαρμογή εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα και τάση

Στις περιπτώσεις όπου εμφανίζεται και εποχικότητα αλλά και σαφής τάση προς κάποια κατεύθυνση γίνεται χρήση του μοντέλου εποχικότητας με τάση. Από εμπορικής σκοπιάς είναι και η συνηθέστερη περίπτωση, αφού τα περισσότερα προς διάθεση προϊόντα παρουσιάζουν εποχικότητα στη ζήτηση και καθώς εισέρχονται στην αγορά παρουσιάζουν τάση ανόδου της ζήτησης και με το πέρασ του χρόνου τάση καθόδου (Hyndman, 2013).

Σε πλήρη αναλογία με την ανάλυση που έγινε για την εκθετική εξομάλυνση με τάση και την εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα, η τελική πρόβλεψη θα αποτελείται από τρεις συνιστώσες, τη συνιστώσα υποβάθρου, τη συνιστώσα εποχικότητας και τη συνιστώσα τάσης. Για τον υπολογισμό της εποχικότητας ανά έτος χρειάζονται τα δεδομένα των δύο προηγούμενων ετών. Συνεπώς η τελική πρόβλεψη θα αφορά το τρίτο έτος χρήσης.

Ο υπολογισμός της συνιστώσας υποβάθρου θα δίνεται από το τύπο:

$$L_{t+1} = a (Y_t - S_{t-m}) + (1 - a)(L_t + T_t)$$

Εξίσωση 10 Τύπος υπολογισμού συνιστώσας υποβάθρου με εποχικότητα και τάση

Όπου L_{t+1} και L_t είναι η τρέχουσα και η αμέσως προηγούμενη πρόβλεψη της συνιστώσας υποβάθρου. Ο όρος S_{t-m} αναφέρετε στη πρόβλεψη εποχικότητας που έχει προκύψει από τα δύο τελευταία έτη χρήσης και a είναι ο συντελεστής

εκθετικής εξομάλυνσης της συνιστώσας υποβάθρου. Ο όρος T_t αναφαίρετε στη προηγούμενη πρόβλεψη της συνιστώσας τάσης

Ο υπολογισμός της συνιστώσας τάσης θα δίνεται από το τύπο:

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

Εξίσωση 11 Τύπος υπολογισμού συνιστώσας τάσης με εποχικότητα και τάση

Όπου L_{t+1} και L_t είναι η τρέχουσα και η αμέσως προηγούμενη πρόβλεψη της συνιστώσας υποβάθρου και β ο συντελεστής εκθετικής εξομάλυνσης της τάσης. Οι όροι T_{t+1} και T_t αναφέρονται στη τρέχουσα πρόβλεψη της συνιστώσας τάσης και την αμέσως προηγούμενη αντίστοιχα. Η παρουσία του όρου L_{t+1} στον υπολογισμό της τρέχουσας πρόβλεψης για τη συνιστώσα τάσης καθιστά υποχρεωτικό τον υπολογισμό της συνιστώσας υποβάθρου πρότερα της συνιστώσας πρόβλεψης.

Ο υπολογισμός της συνιστώσας εποχικότητας είναι πανομοιότυπος με αυτόν που έγινε στο εδάφιο 4.8 και παρατίθεται στο Πίνακα 6. Ωστόσο για τα επόμενα έτη πρέπει να υπολογιστεί από το τύπο:

$$S_{t+1} = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-m}$$

Εξίσωση 12 Τύπος υπολογισμού συνιστώσας εποχικότητας με εποχικότητα και τάση

Όπου η μόνη διαφορά με το τύπο της απλής εποχικότητας είναι η διαφορετική ονομασία του συντελεστή εκθετικής εξομάλυνσης σε γ λόγω της παρουσίας τριών συνιστωσών.

Για την επιλογή των βέλτιστων τιμών των συντελεστών εξομάλυνσης υποβάθρου και τάσης θα υπολογιστούν οι επιδόσεις του μοντέλου σε όλους τους συνδυασμούς τους (α και β) μέσω των μετρικών MAD και MAPE και θα γίνει επιλογή του ζεύγους με τη μικρότερη απόκλιση από τη πραγματική ζήτηση.

Πίνακας 8 Ζεύγη συντελεστών υποβάθρου και τάσης για εκθετική εξομάλυνση με τάση και εποχικότητα και οι αντίστοιχες μετρικές MAPE και MAD

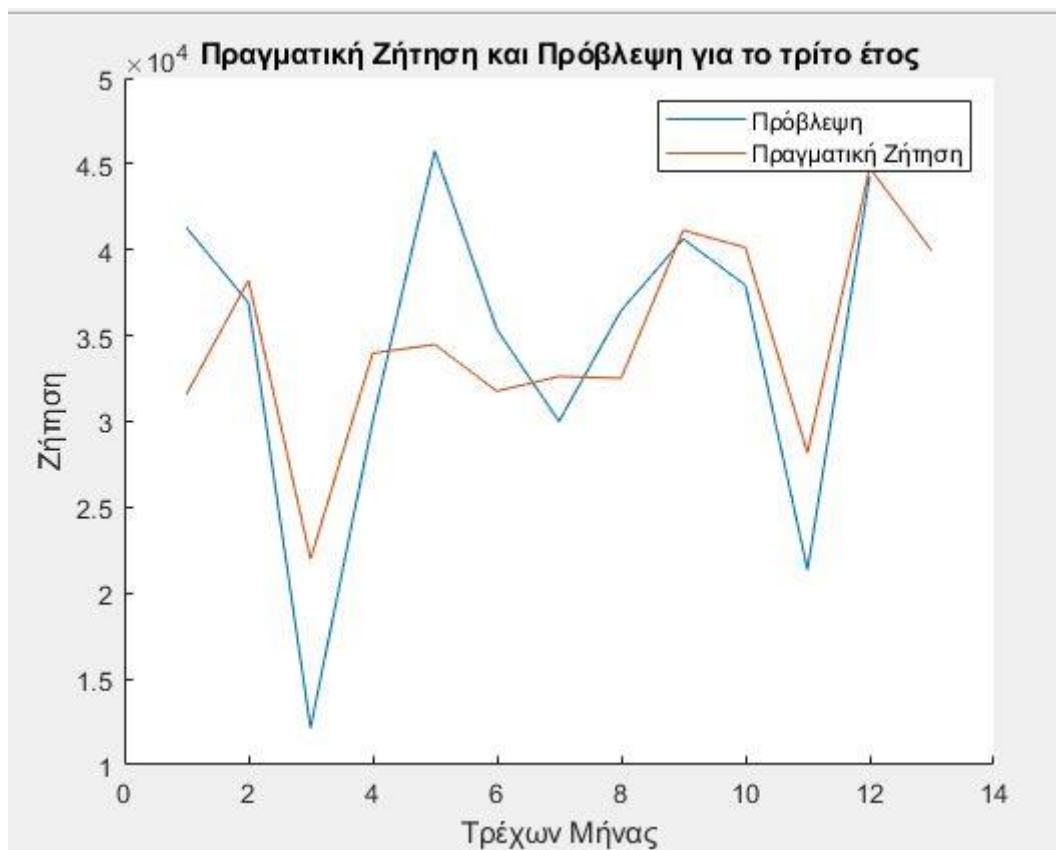
MAD	MAPE (%)	a	b
3672,0	82,0221	0.2	0.2
2966,0	66,2515	0.2	0.3
2435,5	54,4021	0.2	0.4
2064,6	46,1165	0.2	0.5
1801,4	40,2384	0.2	0.6
1604,7	35,8445	0.2	0.7
1489,4	33,2675	0.2	0.8
1394,8	31,1552	0.2	0.9
2672,8	59,7013	0.3	0.2
2128,3	47,5401	0.3	0.3
1771,2	39,5625	0.3	0.4
1542,7	34,4598	0.3	0.5
1400,2	31,2766	0.3	0.6
1313,1	29,3306	0.3	0.7
1260,1	28,1474	0.3	0.8
1227,0	27,4080	0.3	0.9
2169,3	48,4548	0.4	0.2
1759,9	39,3103	0.4	0.3
1515,8	33,8586	0.4	0.4
1371,7	30,6390	0.4	0.5
1285,6	28,7165	0.4	0.6
1231,9	27,5163	0.4	0.7
1195,5	26,7027	0.4	0.8
1168,1	26,0919	0.4	0.9
1884,5	42,0932	0.5	0.2
1566,7	34,9946	0.5	0.3
1386,4	30,9677	0.5	0.4
1281,6	28,6262	0.5	0.5

1217,0	27,1848	0.5	0.6
1173,8	26,2201	0.5	0.7
1142,3	25,5160	0.5	0.8
1117,8	24,9672	0.5	0.9
1703,8	38,0581	0.6	0.2
1446,4	32,3082	0.6	0.3
1303,1	29,1070	0.6	0.4
1218,8	27,2241	0.6	0.5
1165,1	26,0244	0.6	0.6
1127,8	25,1918	0.6	0.7
1100,0	24,5714	0.6	0.8
1078,2	24,0846	0.6	0.9
1577,7	35,2407	0.7	0.2
1361,3	30,4070	0.7	0.3
1241,2	27,7249	0.7	0.4
1169,4	26,1201	0.7	0.5
1122,4	25,0701	0.7	0.6
1088,9	24,3229	0.7	0.7
1063,4	23,7532	0.7	0.8
1059,2	23,6598	0.7	0.9
1482,7	33,1179	0.8	0.2
1295,3	28,9319	0.8	0.3
1190,8	26,5977	0.8	0.4
1127,0	25,1728	0.8	0.5
1088,7	24,3191	0.8	0.6
1088,2	24,3080	0.8	0.7
1108,0	24,7493	0.8	0.8
1170,1	26,1368	0.8	0.9
1406,5	31,4166	0.9	0.2
1245,1	27,8122	0.9	0.3
1169,9	26,1314	0.9	0.4

1131,1	25,2659	0.9	0.5
1126,6	25,1651	0.9	0.6
1184,9	26,4661	0.9	0.7
1253,4	27,9967	0.9	0.8
1325,0	29,5959	0.9	0.9

Από τα δεδομένα του Πίνακα 8 προκύπτει ότι το ζεύγος $\alpha = 0,7$ και $\beta = 0,9$ αποδίδει καλύτερα με αντίστοιχες μετρικές $MAD = 1059,2$ και $MAPE = 23,6598$.

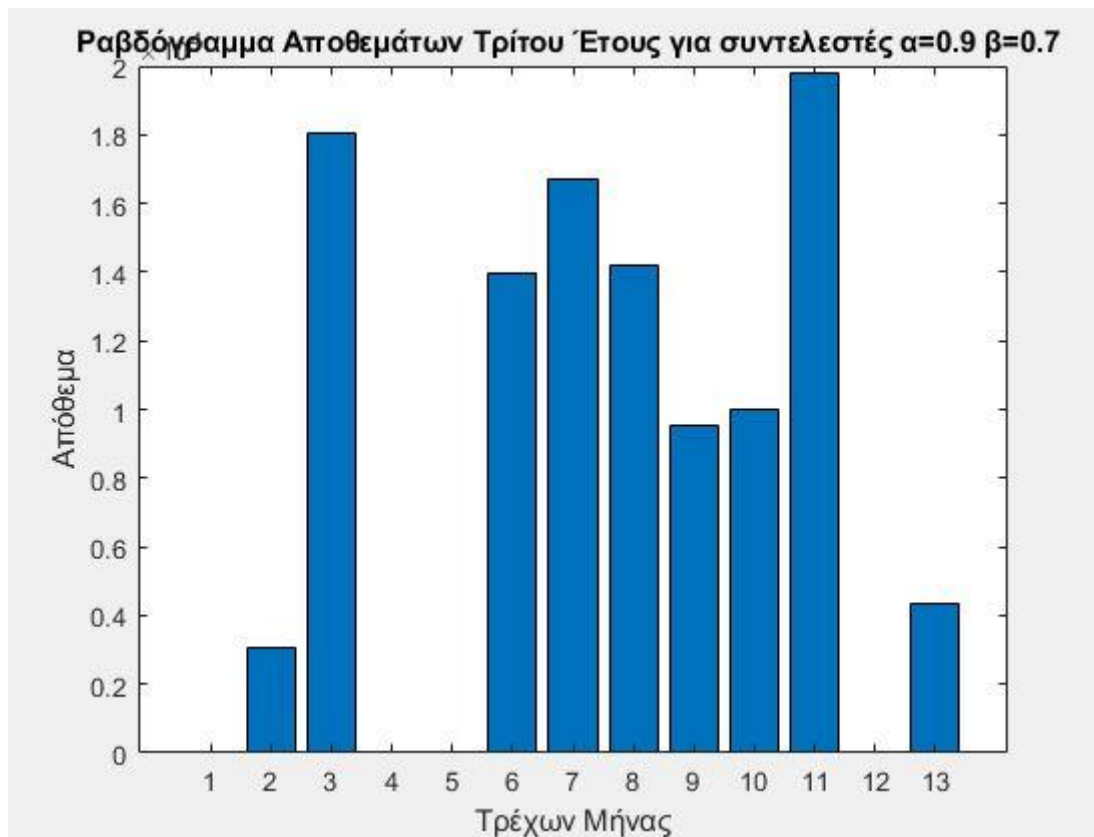
Επιλέγοντας τις τιμές αυτές για την εφαρμογή του μοντέλου, εκτελούμε την γραφική παράσταση πρόβλεψης ζήτησης – χρόνου και πραγματικής ζήτησης – χρόνου για το τρίτο έτος χρήσης στο ίδιο σετ αξόνων.



Εικόνα 4 Γραφική Παράσταση Πραγματικής Ζήτησης και Πρόβλεψης για το τρίτο έτος με εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα και τάση

Παρατηρούμε ότι στο πρώτο μισό του έτους δεν υπάρχει καλή συσχέτιση μεταξύ πρόβλεψης και πραγματικής ζήτησης, ενώ στο δεύτερο μισό υπάρχει καλύτερος εναρμονισμός πρόβλεψης – πραγματικότητας.

Για την ολοκλήρωση της ανάλυσης και την καλύτερη αποτίμηση της απόδοσης του μοντέλου εκτελούμε το ραβδόγραμμα αποθεμάτων για την ίδια χρονική περίοδο.



Εικόνα 5 Ραβδόγραμμα Αποθεματικού για το τρίτο έτος με εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα και τάση

Από το ραβδόγραμμα του αποθεματικού προκύπτει ότι υπήρξε αστοχία στο πρώτο, τον τέταρτο, πέμπτο και δωδέκατο μήνα, όπου προέκυψε μηδενικό απόθεμα. Ειδικά για το δωδέκατο μήνα παρατηρούμε ότι υπήρξε μηδενικό απόθεμα παρότι το αποθεματικό είχε τη μέγιστη τιμή του το προηγούμενο μήνα.

Ολοκληρώνοντας την μέθοδο του Απλού κινούμενου μέσου όρου, της απλής εκθετικής εξομάλυνσης, της εκθετικής εξομάλυνσης με τάση, της εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα και της εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα και τάσης, οδηγούμαστε στο παρακάτω συμπέρασμα.

Το μοντέλο της εκθετικής εξομάλυνσης με τάση, βάσει των δεδομένων που αναλύθηκαν έφερε πολύ καλά αποτελέσματα, καθώς κατά την διάρκεια όλου του πρώτου έτους η καμπύλη πρόβλεψης ακολουθούσε αρκετά καλά την τοπογραφία της καμπύλης πραγματικής ζήτησης. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι η καμπύλη της πρόβλεψης πρέπει να προηγείται και να βρίσκεται σταθερά πάνω από την καμπύλη της ζήτησης, κάτι που παρατηρήθηκε στο διάγραμμα της μεθόδου.

Η επιτυχία του συγκεκριμένου τύπου πρόβλεψης επιβεβαιώθηκε στη συνέχεια και με το ραβδόγραμμα των αποθεμάτων, όπου για κάθε μήνα η εταιρεία είχε επαρκές απόθεμα ώστε να καλύψει τις ανάγκες της και ταυτόχρονα δεν υπήρξε μεγάλη διαφορά αποθέματος ανάμεσα στους μήνες ώστε να προκύψει υπεραποθεματοποίηση.

Κεφάλαιο 5. Συμπεράσματα

5.1 Μεθοδολογία επιλογής μεθόδου

Παρότι η απόδοση της κάθε μεθόδου πρόβλεψης δεν είναι ίδια αυτό δεν σημαίνει ότι κάποια από τις μεθόδους που αναλύθηκαν επιφέρει συστηματικά καλύτερα αποτελέσματα και συνεπώς είναι ανώτερη των υπολοίπων. Η σωστή προσέγγιση είναι να εφαρμόζεται κάθε μέθοδος ανάλογα με τη χρονοσειρά που αναλύεται. Φυσικά για να έχει νόημα η πρότερη επιλογή της εκάστοτε μεθόδου θα πρέπει να είναι στη διάθεση του εκπονητή μια μέθοδος προσδιορισμού. Ο κανόνας επιλογής προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα αληθείας:

Πίνακας 9 Πίνακας Επιλογής Βέλτιστης Μεθόδου Πρόβλεψης

Εποχικότητα	Τάση	Απότομες Αλλαγές	Εφαρμογή Μεθόδου
Όχι	Όχι	Όχι	Κινούμενος Μέσος Όρος
Όχι	Όχι	Ναι	Εκθετική Εξομάλυνση
Όχι	Ναι	Αδιάφορο	Εκθετική Εξομάλυνση με Τάση
Ναι	Όχι	Αδιάφορο	Εκθετική Εξομάλυνση με Εποχικότητα
Ναι	Ναι	Αδιάφορο	Εκθετική Εξομάλυνση με Εποχικότητα και Τάση

5.2 Συμπεράσματα

Τα πληροφοριακά συστήματα και η τεχνολογία έχουν γίνει όλο και πιο σημαντικά για την υποστήριξη των διαδικασιών διαχείρισης αποθεμάτων στις επιχειρήσεις, παρέχοντας εργαλεία για τη συλλογή, αποθήκευση, ανάλυση και αναφορά δεδομένων. Παρέχουν έναν συστηματικό τρόπο μέτρησης της προόδου προς την επίτευξη των οργανωτικών στόχων, τον εντοπισμό προκλήσεων και επιτυχιών και τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων βάσει αποδεικτικών στοιχείων.

Μέσα από την παρούσα ανάλυση προκύπτει ότι η χρήση τους στη διαχείριση αποθεμάτων είναι καθοριστικής σημασίας για την αποτελεσματική λειτουργία μιας επιχείρησης που εμπορεύεται υλικά προϊόντα. Η σύνδεση των στατιστικών μεθόδων πρόβλεψης, όπου αυτές αναπτύχθηκαν στο ερευνητικό κομμάτι, με την χρήση των πληροφοριακών συστημάτων αναβαθμίζουν τη διαδικασία πρόβλεψης σε πιο πρακτικό επίπεδο. Τα πληροφοριακά συστήματα μετατρέπουν τις εκτιμήσεις σε στρατηγικές, που βοηθάνε τις επιχειρήσεις να διαχειρίζονται αποτελεσματικά τη ζήτηση, με αποτέλεσμα την καλύτερη διαχείριση αποθεμάτων και τη δυνατότητα της επιχείρησης να οδηγηθεί σε μείωση του κόστους και συνεπώς σε αύξηση της κερδοφορίας.

Με την αυτοματοποίηση και τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών απογραφής, οι επιχειρήσεις μπορούν να εξοικονομήσουν χρόνο και εργασία, καθώς και να μειώσουν τους κινδύνους σφαλμάτων και παραλείψεων. Επιπλέον, βοηθούν τις επιχειρήσεις να καθορίσουν τις βέλτιστες ποσότητες παραγγελιών και τα επίπεδα αποθεμάτων ασφαλείας για τα προϊόντα τους, με βάση παράγοντες, όπως η μεταβλητότητα της ζήτησης, οι χρόνοι παράδοσης και το κόστος μεταφοράς. Για παράδειγμα, όπως αναλύθηκε, το σύστημα διαχείρισης αποθήκης (WMS) μπορεί να βοηθήσει τις επιχειρήσεις να εξορθολογήσουν και να βελτιστοποιήσουν τα επίπεδα αποθέματος και τις λειτουργίες της αποθήκης τους, όπως η συλλογή, η συσκευασία και η αποστολή, για τη μείωση του κόστους εργασίας και τη βελτίωση της παραγωγικότητας.

Στη συνέχεια, εκτός από τη μείωση του κόστους και την αύξηση της κερδοφορίας, διαπιστώθηκε ότι η χρήση των πληροφοριακών συστημάτων στη διαχείριση αποθεμάτων συμβάλει στη βελτίωση της ικανοποίησης και της αφοσίωσης των πελατών, καλύπτοντας εγκαίρως τη ζήτηση, παρέχοντας ταχύτερες και ακριβέστερες απαντήσεις σε ερωτήματα και παραγγελίες πελατών και βελτιώνοντας έτσι τη συνολική εμπειρία των πελατών. Μέσω του ερευνητικού μέρους της διπλωματικής, διαπιστώθηκε μέσω των γραφημάτων πως μπορεί η κάθε μέθοδος πρόβλεψης να επηρεάσει το ύψος του αποθέματος που πρέπει να διατηρεί η επιχείρηση την κάθε χρονική περίοδο στην αποθήκη της, ώστε να ανταπεξέλθει στην ζήτηση των πελατών.

Αξίζει να προστεθεί ότι ένας από τους βασικούς τρόπους με τους οποίους η τεχνολογία των πληροφοριακών συστημάτων συμβάλει στην αύξηση της ευελιξίας και της επεκτασιμότητας στη διαχείριση αποθεμάτων είναι μέσω της χρήσης λύσεων που βασίζονται στο cloud. Χρησιμοποιώντας λογισμικό και συστήματα που βασίζονται στο cloud, οι επιχειρήσεις μπορούν να έχουν πρόσβαση και να διαχειρίζονται τα δεδομένα και τις διαδικασίες αποθέματός τους από οποιαδήποτε συσκευή και τοποθεσία.

Συνολικά, φαίνεται ότι η χρήση των πληροφοριακών συστημάτων στη διαχείριση αποθεμάτων αποτελεί κρίσιμο συστατικό επιτυχίας και κερδοφορίας, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να προσαρμοστούν και να ευδοκιμήσουν σε μια δυναμική και ανταγωνιστική αγορά. Ωστόσο, χωρίς την πλήρη κατανόηση των τεχνικών ελέγχου, των συστημάτων και των αποθεμάτων διαχείρισης υλικού που εφαρμόζονται μέσω του λογισμικού, η επίτευξη αυτού του στόχου δεν είναι δυνατή. Οι επιχειρήσεις χρειάζεται να κατανοούν κάθε τεχνική ελέγχου αποθέματος που είναι διαθέσιμη μέσω του πληροφοριακού τους συστήματος. Με αυτόν τον τρόπο θα πετύχουν καλύτερη διαχείριση του αποθέματος, περιορισμό του κόστους, καλύτερη εξυπηρέτηση πελατών και παράλληλα βελτιωμένη λήψη σχετικών αποφάσεων με βάση τις συνθήκες ζήτησης.

Βιβλιογραφία

- Abdulraheem A. S. Abdulla A. I. & Mohammed S. M. (2020). Enterprise Resource Planning Systems and Challenges. *Technology Reports of Kansai University*. 62(4), 1885-1894.
- Al-Amin M. Hossain T. & Islam J. (2021). The Technology Development and Management of Smart Manufacturing System: A Review On Theoretical and Technological Perspectives. *European Scientific Journal* 17(43), 170-193.
- Al-Amin Md. Md. Hossain T. Md. Islam J. & Biwas S.K. (2023). History, Features, Challenges, and Critical Success Factors of Enterprise Resource Planning (ERP) in The Era of Industry 4.0. . *European Scientific Journal, ESJ* 19 (6), 31.
- Ammar A. B. & Abbas A. (2010). The Utilisation of Advanced Planning Scheduling (APS) at UK & Worldwide in the Construction Industry. *The 16th International Conference on Automation and Computing*. Birmingham: University of Birmingham.
- Amos J. (2023). *Master Research proposal: The Importance of Information Systems and Information Technology in Monitoring and Evaluation: A Study of Organizations*. Rajagiri College of Social Science.
- Berg Insight,. (2022). *The Transport Management Systems Market*. Ανάκτηση από [media.berginsight.com:
https://media.berginsight.com/2022/06/17162836/bi-tms1-ps.pdf](https://media.berginsight.com/2022/06/17162836/bi-tms1-ps.pdf)
- Brown, G. (1959). *Statistical Forecasting for Inventory Control*.
- Cahyono Y. Purwoko D. Koho I. Asri S. Setyok P. & Wijoyo H. (2023). The role of supply chain management practices on competitive advantage and performance of halal agroindustry SMEs. *Uncertain Supply Chain Management* 11, 1-7.

- Chitiga R. & Choga F. (2016). Role of Information Communication Technology (ICT) in Inventory Management of Small to Medium Enterprises (SMEs): A Case Study of Chikwanha Business Centre in Chitungwiza, Zimbabwe. *Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology*, 207-213.
- Chopra, S. (2012). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*.
- G, Y. (1901). Instantaneous averages. *Journal of the Royal Statistical Society*, σσ. 72,721-730.
- G, Y. (1909). Instantaneous averages. *ournal of the Royal Statistical Society*, σσ. 72, 721-730.
- Ghobakhloo M. Azar A. & Tang S. H. (2018). Business value of enterprise resource planning spending and scope. *Kybernetes* 48.
- Goor A.R. Amstel M.J. & Ploos W. (2019). *Advanced planning and scheduling (APS)*.
- Harjono H. (2019). *Warehouse Management System and its impact on date accuracy*. President University .
- Hyndman, R. (2013). *Forecasting: principles and practice*.
- Jacobs R. F. & Weston F. C. (2007). Enterprise resource planning (ERP)A brief history. *Journal of Operations Management* 25(2), 357–363.
- Lembke, R. (2015). Exponential Smoothing with a Trend.
- Mahachai S. & Yingsak V. (2022). Business's Transportation Management System Technology Adoption in Nakhon Pathom, Thailand . *Transportation Research Procedia* 63 , 2449–2457.
- Mohamed H.D. (2018). The Effect of Information Technology on Inventory management for the manufacturing companies in Mogadishu. *European Journal of Logistics, Purchasing and Supply Chain Management* (6)3, 20-29.

- Mongare M. E. & Nasidai S. E. (2014). The Impact Information Communication Technology on Inventory Control Systems in Transport Organization . *European Journal of Logistics Purchasing and Supply Chain Management*, 17-41.
- Moore, L. J. (2003). *Management science. 4th edn.* Needham Height MA.
- Muheesi A. (2022). *Supply Chain Management.* Uganda Martyrs University (UMU).
- Najy R. J. (2020). MRP(Material Requirement Planning) Applications In Industry- A REVIEW. *IJRDO - Journal of Business Management* 6(1), 1-13.
- Olaore R. A. & Olayanju M. (2013). Purchasing Functions and MRP in Foodservice Firms. *European Journal of Business and Management*, 5(13), 107-113.
- Oztemel E. & Gursev S. (2018). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*.
- Payette N. (2019, June 27). *MRP, ERP, SCM and APS: different but complementary solutions.* Ανάκτηση από <https://www.appvizer.fr/magazine/operations/erp/comparatif-mrp-erp-scm-aps>
- Raditya R.F. Lahuddin A.H. & Goeritno S. (2023). Applying inventory management theory to improve supply chain management in Pt. Rosyada Herba Natura. *Liaison Journal of Engineering* 3(1), 46-59.
- Raqeyah J. N. (2020). MRP (Material Requirement Planning) Applications In Industry-A REVIEW. *IJRDO - Journal of Business Managemen* 6(1), 1-13.
- Rashid M. A. Hossain L. & Patrick J. D. (2002). The evolution of ERP systems: A historical perspective. In *Enterprise Resource Planning: Solutions and Management . IGI global.*, 35-50.
- Rotich R. (2023, February 4). *A Complete Guide to Manufacturing Resource Planning (MRP II).*

- sap.com. (2023). *Τι είναι ένα warehouse management system (WMS)*; Ανάκτηση από <https://www.sap.com/greece/products/scm/extended-warehouse-management/what-is-a-wms.html#:~:text=%CE%88%CE%BD%CE%B1%20WMS%2C%20%CE%AE%20warehouse%20management,%CE%BC%CE%AD%CF%87%CF%81%CE%B9%20%CF%84%CE%B7%20%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%B3%CE%BC%CE%AE%20%CF%80%CE>
- Srinivasan, M. (2012). *Building LEAN supply chains with the theory of constraints*. New York: McGraw-Hill.
- Subramany K. N. & Rangaswamy T. (2012). Impact of Warehouse Management System in a Supply Chain. *International Journal of Computer Applications* 54.
- Wanke, P. F. (2004). *Strategic Logistics Decision Making*". *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*.
- Yule, G. (1909). instantaneous averages. *Journal of the Royal Statistical Society*, σσ. 72, 721-730.
- Zengwa O. & Choga F. (2016). The Role of Information & Communication Technology (ICT) In Company Inventory Management in Zimbabwe: 2011-2013. *IOSR Journal of Business and Management* , 56-60.
- Βλάχος, Δ. (2005). *Σημειώσεις στη διαχείριση αποθεμάτων*. Θεσσαλονίκη.
- Γεωργόπουλος Ν. Κοπανάκη Ε. Πανταζή Ά.-Μ. Νικολαράκος Χ & Βαγγελάτος Ι. (2013). *Ηλεκτρονικό Επιχειρείν: Προγραμματισμός και Σχεδίαση*. Μπένου.
- Δερβιτσιώτης, Κ. (1985). *Συστήματα Αποθεμάτων: Θεωρία και εφαρμογές*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Κυριακίδη.
- ΛΙΑΡΓΚΟΒΑΣ Π., Κ. Γ. (2009). *ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ*.
- Μαλινδρέτος, Γ. (2015). *Εφοδιαστική αλυσίδα, logistics και εξυπηρέτηση πελατών*. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.

ΠΑΠΠΗΣ, Κ. (1999). *ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ*. ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ.

Φωλίνας, Δ. (2014). *Εισαγωγή στην Εφοδιαστική*. Θεσσαλονίκη: ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ».