



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

## **ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΑΜΕΣΩΝ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Σκλάβος Εμμανουήλ**

**Επιβλέπων : Δ. Ασκούνης**

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2021



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

## ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΑΜΕΣΩΝ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σκλάβος Εμμανουήλ

Επιβλέπων : Δ. Ασκούνης

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 2<sup>η</sup> Μαρτίου 2021.

.....  
Ιωάννης Ψαρράς

.....  
Δημήτριος Ασκούνης

.....  
Χάρης Δούκας

Αθήνα, Μάρτιος 2021

.....

Σκλάβος Εμμανουήλ

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © ΣΚΛΑΒΟΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ, 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαχείριση των αποθεμάτων σαν διαδικασία, είναι υπεύθυνη για τον προγραμματισμό της απόκτησης, της αποθήκευσης, του ελέγχου και της διακίνησης υλικών και τελικών προϊόντων (πρώτες ύλες, ημικατεργασμένα ή έτοιμα προϊόντα, μηχανές, ανταλλακτικά κτλ.) με τρόπο ώστε να βελτιστοποιείται η αξιοποίηση προσωπικού, εγκαταστάσεων και κεφαλαίου, ενώ παράλληλα να εξασφαλίζεται η εξυπηρέτηση των πελατών σύμφωνα με τους οργανωτικούς στόχους. Αποτελεί για τις διοικήσεις των επιχειρήσεων έναν πολύπλοκο τομέα μελέτης, καθώς πρέπει να επιτευχθεί το σωστό απόθεμα, στα σωστά επίπεδα, στο σωστό μέρος, την κατάλληλη στιγμή και με το βέλτιστο κόστος. Μπορεί κανείς να δηλώσει πως στόχος της είναι η επίτευξη ισορροπίας κόστους μεταξύ ελλείψεων και πλεονασμάτων αποθεμάτων μέσα σε ένα περιβάλλον χαρακτηριζόμενο από κίνδυνο και αβεβαιότητα. Πιο συγκεκριμένα, για να επιτύχει μια επιχείρηση τέτοια ισορροπία, θα πρέπει για παράδειγμα να εκτιμήσει αν ένα αγαθό «Α» θα έχει ζήτηση ή όχι. Σε περίπτωση που έχει ζήτηση και υπάρχουν Ν πελάτες που θα θέλουν να το αποκτήσουν, θα πρέπει να έχει Ν αγαθά «Α» σε διαθεσιμότητα, έτσι ώστε οι πελάτες να ικανοποιηθούν. Σε άλλη περίπτωση, αν το «Α» δεν υπάρχει τη σωστή στιγμή, οι πελάτες θα πρέπει να περιμένουν και τότε θα υπάρξουν δυσαρέσκειες. Επίσης, αν το απόθεμα έχει φτάσει σε μία από τις αποθήκες της επιχείρησης κάποιους νομούς μακριά, αυτό σίγουρα δεν είναι το κατάλληλο μέρος. Επιπροσθέτως, πρέπει να εξεταστεί αν τα δωρεάν μεταφορικά που πιθανόν θα προσφέρει ένας προμηθευτής με αντάλλαγμα μια μεγάλη παραγγελία, τελικά θα επιφέρουν μεγαλύτερο κέρδος ή απλώς θα επενδυθεί περιττό κεφάλαιο.

Ένα από τα κομβικά σημεία κάθε επιχείρησης είναι η αποτελεσματική διαχείριση οικονομικών πόρων. Αν σκεφτεί κανείς πως τα κεφάλαια που απαιτούνται για τη διαχείριση υλικών είναι αρκετά μεγάλα, μία αποδοτική διαχείριση θα επιφέρει περισσότερους διαθέσιμους οικονομικούς πόρους, ενώ αντίθετα μία λανθασμένη διαχείριση θα έχει ως αποτέλεσμα μεγάλη ζημία για την επιχείρηση. Στην παρούσα εργασία θα γίνει παράθεση των βασικών εννοιών της διαχείρισης αποθεμάτων, εξέταση βασικών μοντέλων πρόβλεψης ζήτησης, ανάλυση βασικών μοντέλων διαχείρισης αποθεμάτων και τέλος θα γίνει μελέτη περίπτωσης μίας εκ των μεγαλύτερων εταιριών άμεσων επισκευών ηλεκτρονικών ειδών στην Ελλάδα, την iRepair. Μέχρι στιγμής, για τη συγκεκριμένη επιχείρηση δεν έχει προταθεί κάποιο ολιστικό μοντέλο, το οποίο να αποδίδει μια λειτουργική διαχείριση αποθεμάτων και αυτή η εργασία αποσκοπεί στο να καλύψει αυτό το κενό. Ως εκ τούτου, μέσω αυτής της μελέτης περίπτωσης θα τονιστεί πόσο σημαντική είναι στην πράξη η σωστή διαχείριση υλικών και αποθεμάτων.

## ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

απόθεμα, αποθηκευτική μονάδα, κωδικός προϊόντος, αγαθό, προϊόν, ζήτηση, μοντέλα πρόβλεψης ζήτησης, εγκυρότητα και αξιοπιστία στις προβλέψεις ζήτησης, στοιχεία κόστους, χρόνος παραγγελίας, ποσότητα παραγγελίας, πολιτική επιθεώρησης αποθεμάτων, πολυπλοκότητα συστήματος αποθεμάτων, συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων

## ABSTRACT

Inventory management is responsible for planning the acquisition, storage, control and distribution of materials and finished products (raw materials, semi-finished or finished products, machines, spare parts, etc.) in order to optimize the use of staff, facilities and capital while ensuring customer service in accordance with organizational goals. It is a complex field of study for business administrations, as the right inventory must be achieved, at the right levels, in the right place, at the right time and at the optimum cost. It can be stated that its goal is to achieve a cost balance between shortages and surplus stocks in an environment characterized by risk and uncertainty. More specifically, in order for a company to achieve such a balance, it must, for example, assess whether an "A" good will be in demand or not. In case there is a demand, and there are N customers who wish to acquire it, the company should have N "A" goods available so that the customers are satisfied. Otherwise, if the "A" good does not exist at the right time, customers will have to wait and then there will be dissatisfaction. Also, if the stock has reached one of the company's warehouses some counties away, this is definitely not the place to be. In addition, it should be considered whether the free shipping that a supplier is likely to offer in exchange for a large order will ultimately lead to a higher profit or simply to investing unnecessary capital.

One of the key points of any business is the effective management of financial resources. If one considers that the funds required for the management of materials are large enough, an efficient management will bring more available financial resources, while on the contrary a mismanagement will result in great loss for the company. In the present thesis, the basic concepts of inventory management will be presented, basic demand forecasting models will be examined, basic inventory management models will be analyzed, and finally a case study will be made of one of the largest electronics repair companies in Greece, iRepair. So far, no holistic model has been proposed for this business, which would provide a functional inventory management and this work aims to fill this gap. Therefore, this case study will emphasize the importance of proper management of materials and stocks in practice.

## KEYWORDS

stock, SKU (Stock Keeping Unit), product code, inventory, demand, demand forecasting models, validity and reliability in demand forecasting, cost, lead time, order quantity, inventory inspection policy, inventory complexity, inventory management systems

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΣΗΜΜΥ) του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ).

Αντικείμενο μελέτης της διπλωματικής εργασίας αποτελεί η βιβλιογραφική έρευνα στα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων και η εφαρμογή των συλλεγμένων πληροφοριών στη μελέτη περίπτωσης εταιρίας άμεσων επισκευών ηλεκτρονικών ειδών, την iRepair.

Υπεύθυνος για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας ήταν ο καθηγητής κος Δημήτριος Ασκούνης, στον οποίο οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το ιδιαίτερα ενδιαφέρον αυτό θέμα, που συνδέεται άμεσα με την επαγγελματική μου δραστηριότητα στην εταιρία iRepair. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την υποψήφια διδάκτορα Αριάδνη Μιχαλίτση-Ψαρού, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή της.

Επιπροσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον CEO και ιδιοκτήτη της εταιρίας που μελετάται, Chris Andrew Humbert για την στήριξή του. Τέλος, αισθάνομαι την τιμή να αναφέρω την βοήθεια και την στήριξη της οικογένειάς μου και των φίλων μου, τόσο στην παρούσα εργασία, όσο και στην συνολική μου πορεία έως σήμερα.

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ**

1	ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	16
1.1	ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	17
1.2	ΣΤΑΔΙΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	17
1.3	ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	17
2	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ .....	19
2.1	Η ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ	20
2.2	ΟΡΙΣΜΟΣ «ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ» ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ .....	22
2.3	ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ .....	22
2.4	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ .....	23
2.4.1	ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΦΥΣΙΚΗ ΤΟΥΣ ΥΠΟΣΤΑΣΗ.....	23
2.4.2	ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΙΤΙΑ ΔΗΜΗΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ .....	24
2.5	ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ.....	25
2.5.1	ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ / ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΟΧΗΣ (LEAD TIME).....	25
2.5.2	ΖΗΤΗΣΗ .....	26
2.5.3	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ.....	27
2.6	ΤΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ ΠΟΥ ΘΑ ΕΞΕΤΑΣΤΕΙ .....	28
3	ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ.....	29
3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ .....	30
3.2	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ .....	30
3.2.1	ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ – ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΡΙΣΗΣ.....	30
3.2.2	ΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	31
3.3	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΣΟΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ.....	33
3.3.1	ΣΤΑΔΙΑ ΣΤΗΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΠΟΣΟΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ .....	33
3.3.2	ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ .....	34
3.3.3	ΜΟΡΦΕΣ ΠΟΣΟΤΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.....	34
3.3.4	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ.....	35
3.3.5	ΧΡΗΣΙΜΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	35
3.4	ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ .....	37
3.4.1	ΑΠΛΟΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ - ΖΗΤΗΣΗ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ.....	37
3.4.2	ΜΕΣΟΙ ΟΡΟΙ .....	37
3.4.3	ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΘΕΤΙΚΗΣ ΕΞΟΜΑΛΥΣΝΗΣ.....	38
3.5	ΑΙΤΙΟΚΡΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ / ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ - ΑΠΛΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΣΗ .....	44
3.6	ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΣΤΙΣ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ.....	48
4	ΒΑΣΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ .....	50

4.1	ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ.....	51
4.1.1	ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΠΟΛΥΠΛΟΚΟΤΗΤΑ - ΑΝΑΛΥΣΗ ABC (ABC ANALYSIS / CLASSIFICATION).....	52
4.1.2	ΜΟΡΦΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΖΗΤΗΣΗ.....	54
4.1.3	ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ.....	54
4.2	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΜΕ ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ (ΝΤΕΤΕΡΜΙΝΙΣΤΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ).....	55
4.2.1	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΜΕ ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ – ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ.....	55
4.2.2	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΜΕ ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ – ΠΕΡΙΟΔΙΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ.....	62
4.3	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΜΕ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ (ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ) – ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΔΙΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ.....	64
4.3.1	ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ – ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ.....	66
4.3.2	ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ – ΠΕΡΙΟΔΙΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ.....	68
4.4	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ.....	70
4.4.1	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ MRP.....	70
4.4.2	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ JUST-IN-TIME (JIT).....	71
4.5	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	73
4.6	ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ - ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ - ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ.....	74
5	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ IREPAIR – ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	77
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ IREPAIR.....	78
5.2	ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ IREPAIR.....	78
5.3	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ABC ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΤΗΝ IREPAIR.....	81
5.4	ΣΥΝΤΟΜΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΖΗΤΗΣΗΣ IREPAIR 2019.....	84
5.5	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΕΤΗΣΙΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ Α ΚΑΙ Β ΤΑΞΗΣ SKU IREPAIR 2019.....	88
5.6	ΣΧΟΛΙΑ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	89
6	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ IREPAIR – ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΥΣΕΩΝ.....	91
6.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΥΣΕΩΝ.....	92
6.2	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΜΕ ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ ΕΟΙ – ΠΟΛΛΑ ΕΙΔΗ (4.2.2.2) - Α ΚΑΙ Β ΤΑΞΗΣ ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΑ IREPAIR 2019.....	92
6.3	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΟΥ ΜΕ ΚΩΔΙΚΟ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577.....	93
6.3.1	ΖΗΤΗΣΗ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ - ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577 .	96



6.3.2	ΑΠΛΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ - ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577 .....	96
6.3.3	ΚΙΝΗΤΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ κ ΠΕΡΙΟΔΩΝ - ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577 97	
6.3.4	ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΣ ΚΙΝΗΤΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ κ ΠΕΡΙΟΔΩΝ - ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577.....	99
6.3.5	ΑΠΛΗ ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ - ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577	100
6.3.6	ΑΠΛΗ ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ΜΕ ΑΝΑΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $\alpha$ - ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577.....	102
6.3.7	ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ΓΙΑ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΤΑΣΗ (HOLT'S TWO-PARAMETER LINEAR METHOD) - ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577 .....	104
6.3.8	ΣΥΝΟΨΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΟ ΜΕ ΚΩΔΙΚΟ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577.....	106
6.4	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ IREPAIR 2019 ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ.....	110
7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.....	111
7.1	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	112
7.2	ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.....	112
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	114
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	124

**ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ**

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Είδη Αποθεμάτων με Βάση την Φυσική τους Υπόσταση (Tersine, 1979, p. 7) ...	24
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Οργανωτικές Κατηγορίες – Τύποι Αποθεμάτων (Tersine, 1979, p. 8).....	24
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Κόστη Αποθεμάτων.....	28
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Περιγραφή Βασικών Μεταβλητών .....	35
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: Χαρακτηριστικές Τιμές Θέσης και Διασποράς (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, p. 41).....	36
ΠΙΝΑΚΑΣ 6: Συνδιακύμανση και Συντελεστής Συσχέτισης.....	37
ΠΙΝΑΚΑΣ 7: Ταξινόμηση Pegel (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, pp. 76-77) .....	40
ΠΙΝΑΚΑΣ 8: Αριθμητικά Μέτρα και Ποσοστιαία Αριθμητικά Μέτρα Ακρίβειας στις Προβλέψεις (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, p. 43) .....	49
ΠΙΝΑΚΑΣ 9 : Μέτρα Αξιολόγησης Προβλέψεων .....	49
ΠΙΝΑΚΑΣ 10 : Στατιστικοί Όροι.....	65
ΠΙΝΑΚΑΣ 11: Πίνακας Υλικών του Α .....	70
ΠΙΝΑΚΑΣ 12 : «MRP Πίνακας για το Α αγαθό» .....	71
ΠΙΝΑΚΑΣ 13 Σύμβολα για τα Μαθηματικά Μοντέλα Διαχείρισης Αποθεμάτων .....	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 14: Δεδομένα iRepair 2019.....	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 15: Σύνολο Παραγγελιών 2019 (241 πιο Σημαντικοί Κωδικοί).....	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 16: Αναλυτική Παρουσίαση Ποσοστού h για το Έτος 2019.....	81
ΠΙΝΑΚΑΣ 17: Αποτελέσματα ABC Ανάλυσης iRepair 2019.....	83
ΠΙΝΑΚΑΣ 18: Συνολική Ζήτηση iRepair 2019.....	84
ΠΙΝΑΚΑΣ 19 : «Διαστρωματικά δεδομένα για την ζήτηση 11 ανταλλακτικών της iRepair το έτος 2019» .....	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 20: Συνολική Ζήτηση Κωδικών Α και Β τάξης iRepair 2019 .....	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 21: Παρουσίαση Κατάστασης Α και Β Τάξης Ανταλλακτικών iRepair 2019 .....	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 22: Παρουσίαση Κατάστασης Μετά την Εφαρμογή του Συστήματος Ανεξάρτητης Ζήτησης με Καθοριστική Συμπεριφορά, Περιοδικής Επιθεώρησης ΕΟΙ – Πολλά Είδη (4.2.2.2) Α και Β Τάξης Ανταλλακτικών iRepair 2019 .....	93
ΠΙΝΑΚΑΣ 23: Εφαρμογή Κριτηρίου $V < 0,25$ σε Α και Β τάξης ανταλλακτικά iRepair 2019 .....	93
ΠΙΝΑΚΑΣ 24: Ζήτηση Κωδικού 5383167330957 - iRepair 2019 .....	94
ΠΙΝΑΚΑΣ 25: Αποτελέσματα Ζήτησης Τελευταίας Περιόδου για το SKU: 53831673309577 – iRepair 2019.....	96
ΠΙΝΑΚΑΣ 26: Αποτελέσματα Απλού Μέσου Όρου για το SKU: 53831673309577 – iRepair 2019 .....	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 27: Αποτελέσματα Μέσου Όρου $k=2$ Περιόδων για το SKU: 53831673309577 – iRepair 2019.....	98
ΠΙΝΑΚΑΣ 28: Αποτελέσματα Μέσου Όρου $k=3$ Περιόδων για το SKU: 53831673309577 – iRepair 2019.....	99
ΠΙΝΑΚΑΣ 29: Αποτελέσματα Σταθμισμένου Κινητού Μέσου Όρου $k=2$ Περιόδων για το SKU: 53831673309577 – iRepair 2019.....	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 30: Αποτελέσματα Απλής Εκθετικής Εξομάλυνσης με $\alpha=0,85$ για το SKU: 53831673309577 – iRepair 2019.....	101
ΠΙΝΑΚΑΣ 31: Αποτελέσματα Απλής Εκθετικής Εξομάλυνσης με Αναπροσαρμογή της Παραμέτρου $\alpha$ (με $\beta=0,85$ ), για το SKU: 53831673309577 – iRepair 2019 .....	103
ΠΙΝΑΚΑΣ 32: Υπολογισμός των $\alpha_t$ , $A_t$ και $M_t$ για την Μέθοδο της Απλής Εκθετικής Εξομάλυνσης με Αναπροσαρμογή της Παραμέτρου $\alpha$ , για $\beta=0,85$ .....	104

ΠΙΝΑΚΑΣ 33: Αποτελέσματα Εκθετικής Εξομάλυνσης για Γραμμική Τάση (Holt's Two-Parameter Linear Method), για $\alpha=1$ και $\beta=0,204$ , για το SKU: 53831673309577 – iRepair 2019 .....	105
ΠΙΝΑΚΑΣ 34: Υπολογισμός των $b_t$ και $L_t$ για την Μέθοδο της Εκθετικής Εξομάλυνσης για Γραμμική Τάση (Holt's Two-Parameter Linear Method), για $\alpha=1$ και $\beta=0,204$ .....	106
ΠΙΝΑΚΑΣ 35: Σύνοψη Αποτελεσμάτων για τις Μεθόδους Πρόβλεψης που Εφαρμόστηκαν για τον Κωδικό Προϊόντος: 53831673309577 – iRepair 2019.....	109
ΠΙΝΑΚΑΣ 36: Σύγκριση Υπάρχουσας Κατάστασης iRepair 2019 με το Σύστημα Ανεξάρτητης Ζήτησης και Καθοριστικής Συμπεριφοράς Περιοδικής Επιθεώρησης (EOI) – Πολλά Είδη ..	110
ΠΙΝΑΚΑΣ 37 : Τιμές $F_{TEST}$ - Οι Τιμές Δημιουργήθηκαν στο Microsoft Excel με την Συνάρτηση FINV(0,05;m-1;n-m).....	115
ΠΙΝΑΚΑΣ 38: Τιμές $\Phi(k)$ - Οι Τιμές Δημιουργήθηκαν στο Microsoft Excel με την Συνάρτηση NORMSDIST(k).....	116
ΠΙΝΑΚΑΣ 39 : Τιμές $t_{TEST}$ - Οι Τιμές Δημιουργήθηκαν στο Microsoft Excel με την Συνάρτηση TINV( $\alpha,n$ ) .....	117
ΠΙΝΑΚΑΣ 40: Δεδομένα Α και Β Τάξης iRepair 2019 .....	123

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΗΜΑ 1: Πλαίσιο Στρατηγικής Οργανισμών (Silver, et al., 2017, p. 12) .....	21
ΣΧΗΜΑ 2: Μέθοδοι Προβλέψεων .....	30
ΣΧΗΜΑ 3: ABC Ανάλυση (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007) .....	53
ΣΧΗΜΑ 4 : Συνάρτηση Κατανομής Πιθανότητας Τυποποιημένης Κανονικής Κατανομής (Παπαδόπουλος) .....	66
ΣΧΗΜΑ 5: Παράδειγμα Συστήματος ΚΑΝΒΑΝ (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007).....	72
ΣΧΗΜΑ 6: Κατηγοριοποίηση Μοντέλων Διαχείρισης με Βάση τους (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007).....	74
ΣΧΗΜΑ 7: Δημιουργία Συγκεντρωτικών Πινάκων.....	82
ΣΧΗΜΑ 8: Εισαγωγή Μεταβλητών σε Συγκεντρωτικούς Πίνακες.....	82
ΣΧΗΜΑ 9: Ταξινόμηση Δεδομένων σε Συγκεντρωτικούς Πίνακες.....	83
ΣΧΗΜΑ 10: Επιλογή Παραμέτρων στην «Επίλυση» (Solver) του «Excel» .....	102

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: Βασικό Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας (EOQ – Economic Order Quantity) (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007) .....	56
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας – Μέρος της Ζήτησης Ικανοποιείται με Καθυστέρηση (EOQ – With Shortages) (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007). 58	
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3: Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας – Η Ζήτηση Ικανοποιείται από Παραγωγή (EPQ – Economic Production Quantity or ELS - Economic Lot Size) (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007) .....	61
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4 : Στοχαστικό Σύστημα Σταθερή Ποσότητα Παραγγελίας (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007) .....	68
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: Διάγραμμα ABC Ανάλυσης iRepair 2019 .....	84
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: Συνολική Ζήτηση iRepair 2019 .....	85
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7: Διασπορά Ζήτησης με Χονδρική Τιμή ανά Περιοχή Καταστήματος – Έτος 2019 .....	86
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8: Διασπορά Ζήτησης με Λιανική Τιμή ανά Περιοχή Καταστήματος - Έτος 2019 .....	86
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9: Ζήτηση Κωδικών Α και Β Τάξης iRepair 2019 .....	87
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10: Ζήτηση κωδικού 5383167330957 – iRepair 2019 .....	95

**ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΣΧΕΣΕΩΝ**

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.1 .....	36
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.2 .....	36
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.3 .....	36
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.4 .....	36
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.5 .....	36
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.6 .....	36
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.7 .....	37
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.8 .....	37
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.9 .....	38
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.10 .....	38
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.11 .....	39
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.12 .....	39
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.13 .....	39
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.14 .....	40
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.15 .....	40
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.16 .....	41
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.17 .....	41
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.18 .....	41
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.19 .....	41
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.20 .....	41
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.21 .....	42
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.22 .....	42
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.23 .....	42
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.24 .....	42
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.25 .....	42
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.26 .....	43
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.27 .....	43
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.28 .....	43
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.29 .....	43
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.30 .....	43
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.31 .....	45
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.32 .....	45
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.33 .....	45
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.34 .....	45
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.35 .....	46
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.36 .....	46
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.37 .....	46
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.38 .....	46
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.39 .....	47
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.40 .....	47
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.41 .....	47
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.42 .....	47
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.43 .....	47
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.44 .....	47
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.45 .....	47
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.46 .....	48

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.47 .....	48
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.48 .....	48
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.49 .....	48
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.50 .....	48
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.51 .....	48
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.52 .....	48
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.53 .....	48
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.54 .....	49
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.55 .....	49
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.56 .....	49
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.57 .....	49
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.1 .....	56
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.2 .....	57
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.3 .....	57
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.4 .....	57
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.5 .....	58
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.6 .....	59
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.7 .....	59
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.8 .....	59
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.9 .....	59
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.10 .....	60
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.11 .....	61
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.12 .....	61
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.13 .....	61
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.14 .....	62
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.15 .....	62
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.16 .....	63
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.17 .....	63
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.18 .....	63
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.19 .....	63
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.20 .....	64
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.21 .....	64
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.22 .....	67
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.23 .....	67
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.24 .....	67
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.25 .....	67
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.26 .....	67
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.27 .....	67
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.28 .....	67
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.29 .....	68
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.30 .....	69
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.31 .....	69
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.32 .....	69
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.33 .....	69
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.34 .....	69
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.35 .....	69
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.36 .....	70
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.37 .....	73

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.38.....	73
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.39.....	74

## **1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**



### 1.1 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι εντυπωσιακές εξελίξεις στις τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών έχουν επιτρέψει στις επιχειρήσεις να συνδέονται στενά με ένα ευρύ και παγκόσμιο δίκτυο προμηθευτών που παρέχουν εξαρτήματα, ολοκληρωμένα αγαθά και υπηρεσίες. Οι πελάτες θέλουν τα προϊόντα τους γρήγορα και αξιόπιστα, ακόμα κι αν έρχονται από άλλη ήπειρο και είναι συχνά πρόθυμοι να αναζητήσουν άλλους προμηθευτές εάν τα προϊόντα παραδίδονται με καθυστέρηση. Ως αποτέλεσμα, η διαχείριση αποθεμάτων και ο προγραμματισμός παραγωγής έχουν γίνει ακόμη πιο ζωτικής σημασίας για την επιτυχία έναντι στον ανταγωνισμό. Η διαχείριση αποθέματος και ο προγραμματισμός παραγωγής έχουν μελετηθεί σε μεγάλο βαθμό από θεωρητική άποψη. Ωστόσο, η εφαρμογή αυτών των θεωριών παραμένει κάπως περιορισμένη στην πράξη (Silver, et al., 2017). Όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν οι (Silver, et al., 2017), υπάρχει ένα χάσμα μεταξύ των θεωρητικών μοντέλων και των πραγματικών προβλημάτων. Στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι να γεφυρωθεί το προαναφερθέν χάσμα, εφαρμόζοντας την θεωρία που ευρέθηκε στην βιβλιογραφία στην προς μελέτη εταιρία iRepair. Έτσι, στο τέλος θα προταθεί ένα κατάλληλο μοντέλο διαχείρισης αποθεμάτων, βασισμένο στην εφαρμογή των θεωρητικών μοντέλων με πραγματικά δεδομένα που δόθηκαν από την διοίκηση της iRepair.

### 1.2 ΣΤΑΔΙΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε κατά την περίοδο Οκτωβρίου 2020 – Μάρτιου 2021. Τα στάδια εκπόνησης της εργασίας αναφέρονται παρακάτω:

- **Στάδιο 1:** Ευρεία συλλογή βιβλιογραφικών πηγών που αφορούν την διαχείριση των αποθεμάτων.
- **Στάδιο 2:** Εκτενής διερεύνηση των μοντέλων πρόβλεψης ζήτησης, που παίζουν πολύ σπουδαίο ρόλο στην διαχείριση των αποθεμάτων.
- **Στάδιο 3:** Μελέτη των μεθόδων μοντελοποίησης των συστημάτων διαχείρισης αποθεμάτων και εκτενής ανάλυση των πιο βασικών εξ' αυτών.
- **Στάδιο 4:** Συλλογή δεδομένων από την iRepair και παρουσίαση της υπάρχουσας κατάστασης για το 2019. Για την ανάλυση των δεδομένων που δόθηκαν χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό «Microsoft Excel».
- **Στάδιο 5:** Εφαρμογή της θεωρίας από την βιβλιογραφική αναζήτηση που προηγήθηκε με τα δεδομένα που δόθηκαν από τον οργανισμό iRepair. Για την εφαρμογή των διαφόρων μοντέλων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό «Microsoft Excel».
- **Στάδιο 6:** Εξαγωγή συμπερασμάτων και προοπτικές για μελλοντικές μελέτες.

### 1.3 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η δομή της εργασίας αποτελείται από 7 κεφάλαια που αποτελούν το κυρίως θέμα της εργασίας. Έπειτα τοποθετείται το παράρτημα που αναφέρει διάφορους χρήσιμους πίνακες και η βιβλιογραφία από τις αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν. Αναλυτικά :

- **Κεφάλαιο 1:** Αναφέρεται ο στόχος, τα στάδια εκπόνησης και η δομή της εργασίας.
- **Κεφάλαιο 2:** Αποτελεί την εισαγωγή στην διαχείριση αποθεμάτων. Εκεί αναφέρονται η θέση της διαχείρισης αποθεμάτων στο πλαίσιο της στρατηγικής των επιχειρήσεων, η θεμελίωση του προβλήματος αποθεμάτων, οι κατηγορίες αποθεμάτων, τα βασικά χαρακτηριστικά των μοντέλων διαχείρισης και το προφίλ της εταιρίας iRepair.

- **Κεφάλαιο 3:** Αφορά την μελέτη και την παρουσίαση των βασικών μοντέλων πρόβλεψης ζήτησης. Συγκεκριμένα δίνεται έμφαση στις μεθόδους ανάλυσης χρονοσειρών, αφού τα δεδομένα που προσκομίστηκαν από την εταιρία είναι σε μορφή χρονοσειρών.
- **Κεφάλαιο 4:** Αναφέρεται στους παράγοντες που επηρεάζουν την κατηγοριοποίηση των μοντέλων διαχείρισης αποθεμάτων. Πιο αναλυτικά, με βάση αυτούς τους παράγοντες, παρουσιάζονται τα πιο βασικά μοντέλα διαχείρισης αποθεμάτων και η μεθοδολογία για την εκτέλεσή τους.
- **Κεφάλαιο 5:** Αποτελεί την παρουσίαση της υπάρχουσας κατάστασης του οργανισμού iRepair. Υπολογίζεται το συνολικό κόστος λειτουργίας της κεντρικής αποθήκης για το έτος 2019 και προτείνονται λύσεις για την μείωση του συνολικού αυτού κόστους.
- **Κεφάλαιο 6:** Αφορά την εφαρμογή των βιβλιογραφικών γνώσεων των κεφαλαίων 2, 3 και 4, έτσι ώστε να εκτελεστούν οι προτεινόμενες λύσεις του πέμπτου κεφαλαίου. Στο τέλος του κεφαλαίου γίνεται σύγκριση της υπάρχουσας κατάστασης της iRepair το 2019, με αυτή μετά την εφαρμογή του ολιστικού μοντέλου που προτάθηκε.
- **Κεφάλαιο 7:** Εστιάζει στην εξαγωγή συμπερασμάτων και στις προοπτικές που μπορεί να έχει η συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης.
- **Παράρτημα:** Αναφέρεται σε διάφορους στατιστικούς πίνακες και στα δεδομένα που συλλέχθηκαν από την εταιρία.
- **Βιβλιογραφία:** Αποτελεί το σύνολο των αναφορών που γίνονται κατά την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

## **2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ**

## 2.1 Η ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

Θα ήταν χρήσιμο να αναπτυχθεί ένα πλαίσιο στρατηγικής λειτουργιών των επιχειρήσεων και να δοθεί έμφαση στη ένταξη της διαχείρισης αποθεμάτων σε αυτό. Σύμφωνα με το βιβλίο «Inventory and Production Management in Supply Chain» (Silver, et al., 2017, pp. 13-16) η στρατηγική αυτή χωρίζεται σε 3 επίπεδα:

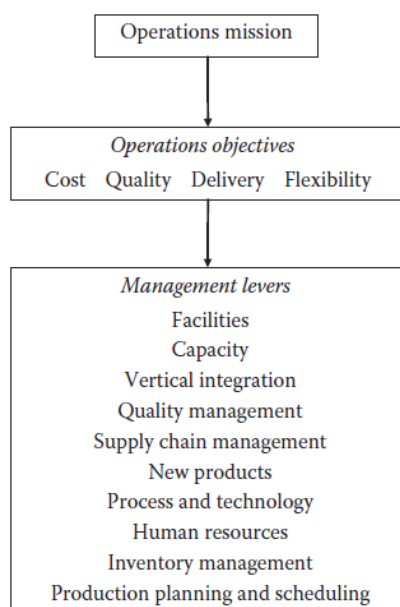
- **Αποστολές (Missions):** Οι αποστολές των επιχειρήσεων καθορίζουν την γενική κατεύθυνση της λειτουργίας της εταιρίας. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται από τους (Silver, et al., 2017), « πρέπει να είναι όροι ασαφής», που να δηλώνουν την πολιτική και την φιλοσοφία του οργανισμού.
- **Στόχοι (Objectives):** Στο δεύτερο επίπεδο, καθορίζονται μετρήσιμοι στόχοι, που βοηθούν τον οργανισμό να επιτύχει τις αποστολές του. Για πολλά χρόνια οι εταιρίες χρησιμοποιούν τέσσερεις επιχειρησιακούς στόχους: το κόστος (cost), την ποιότητα (quality), την παράδοση (delivery) και την ευελιξία (flexibility).
- **Μοχλοί διαχείρισης (Management Levers):** Αν και οι στόχοι λειτουργίας είναι μετρήσιμοι, δεν δείχνουν πώς μια επιχείρηση πρέπει να επιδιώξει αυτούς τους στόχους. Οι 10 μοχλοί διαχείρισης — εγκαταστάσεις (facilities), χωρητικότητα (capacity), κάθετη ολοκλήρωση (Vertical Integration), διαχείριση ποιότητας (quality control), διαχείριση αλυσίδας εφοδιασμού (supply chain management), νέα προϊόντα (new products), διαδικασίες και τεχνολογία (process and technology), ανθρώπινοι πόροι (human resources), διαχείριση αποθεμάτων (inventory management) και προγραμματισμός παραγωγής (production planning) — παρέχουν την τακτική για την επίτευξη των στόχων (Fine & Hax, 1985, pp. 28-46).

Θα γίνει σύντομη παρουσίαση των 10 μοχλών διαχείρισης, έτσι όπως αναφέρονται από τους (Silver, et al., 2017) :

- **Εγκαταστάσεις (Facilities):** Οι αποφάσεις αυτές αφορούν στην τοποθεσία των εργοστασίων, των αποθηκών, των κεντρικών γραφείων και των λοιπών κτηρίων του οργανισμού έτσι ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες των πελατών.
- **Χωρητικότητα (Capacity):** Αφορά αποφάσεις σχετικά με τον χρονισμό και το μέγεθος επέκτασης της χωρητικότητας. Υπάρχει αλληλεπίδραση με τις αποφάσεις εγκαταστάσεων.
- **Κάθετη ολοκλήρωση (Vertical Integration):** Αποσκοπεί σε αποφάσεις αγοράς ή παραγωγής. Υπάρχουν εργοστάσια που κατασκευάζουν από την αρχή μέχρι το τέλος τα δικά τους προϊόντα και άλλες εταιρίες που ασχολούνται με την σχεδίαση και την συναρμολόγηση του τελικού προϊόντος, από μικρότερα υλικά που προμηθεύονται από άλλους οργανισμούς.
- **Διαχείριση Ποιότητας (Quality Control):** Συμπεριλαμβάνει τα εργαλεία, τα προγράμματα και τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη της επιζητούμενης ποιότητας.
- **Διαχείριση Αλυσίδας Εφοδιασμού (Supply Chain Management):** Αφορά την ολική ροή υλικών και εξαρτημάτων από τους προμηθευτές στην παραγωγή και την επακόλουθη ροή του προϊόντος προς τον πελάτη διαμέσου των κέντρων διανομής. Στην ουσία αποτελεί την συνολική εικόνα και οργάνωση μιας ομάδας οργανισμών που αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους με στόχο την εξαγωγή τελικών προϊόντων και την κατανάλωσή τους από τους πελάτες.

- **Νέα Προϊόντα (New Product):** Περιλαμβάνει τις διαδικασίες και τις δομές που επιτρέπουν την εισαγωγή καινούριων προϊόντων. Είναι μοχλός ορόσημο για την ανάπτυξη ενός οργανισμού.
- **Διαδικασίες και Τεχνολογία (Process and Technology):** Είναι οι αποφάσεις που παίρνονται για την επιλογή μιας διαδικασίας παραγωγής και τις αντίστοιχες τεχνολογίες και αυτοματισμούς που χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό.
- **Ανθρώπινο Δυναμικό (Human Resources):** Περιλαμβάνει την επιλογή, προώθηση, τοποθέτηση στην κατάλληλη θέση, επιβράβευση και την παροχή κινήτρων του ανθρώπινου δυναμικού που κάνει την επιχείρηση να λειτουργεί.
- **Διαχείριση αποθεμάτων (Inventory Management):** Η λήψη αποφάσεων στην διαχείριση αποθεμάτων είναι ένα πολύπλοκο πρόβλημα μεγάλων αριθμών, που αποτελείται από εσωτερικούς και εξωτερικούς παράγοντες της οργάνωσης. Με δεδομένο όμως πως ένα συγκεκριμένο προϊόν είναι αποθηκευμένο σε έναν συγκεκριμένο χώρο, τρία βασικά ζητήματα πρέπει να επιλυθούν:
  1. Πόσο συχνά πρέπει να προσδιορίζεται η κατάσταση του αποθέματος;
  2. Πότε πρέπει να γίνει η παραγγελία αναπλήρωσης;
  3. Πόσο μεγάλη πρέπει να είναι η παραγγελία αναπλήρωσης;
- **Προγραμματισμός Παραγωγής (Production Planning):** Εστιάζει σε συστήματα διαχείρισης και οργάνωσης της παραγωγής.

Συνολικά, σχηματικά ισχύει:



ΣΧΗΜΑ 1: Πλαίσιο Στρατηγικής Οργανισμών (Silver, et al., 2017, p. 12)

Στο επίπεδο της διαχείρισης αποθεμάτων, η κάθε επιχείρηση έχει δύο αντιφατικούς στόχους. Από την μία, επιθυμεί να μειώσει τα έξοδά της, μειώνοντας τα διαθέσιμα αποθέματα. Έτσι θα έχει θετική επίδραση στο κόστος λειτουργίας της, στα ταμειακά της διαθέσιμα και σε άλλους οικονομικούς δείκτες, ενώ παράλληλα θα μειώσει τον κίνδυνο απαξίωσης των αποθεμάτων. Από την άλλη, μέσα σε ένα ολοένα και πιο ανταγωνιστικό περιβάλλον πασχίζει για την γρήγορη και ποιοτική εξυπηρέτηση πελατών, γεγονός που κρίνει αναγκαίο να έχει διαθέσιμο ένα προϊόν όταν αυτό ζητηθεί. Έτσι λοιπόν, θεμελιώνεται το πρόβλημα

διαχείρισης προμηθειών και αποθεμάτων (Πραστάκος, 2002, p. 211). Αυτή ακριβώς είναι η προσέγγιση που θα ακολουθηθεί στην συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης, με απώτερο σκοπό την απάντηση στα τρία θεμελιώδη ερωτήματα που τέθηκαν στην διαχείριση αποθεμάτων ως μοχλού διαχείρισης.

## **2.2 ΟΡΙΣΜΟΣ «ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ» ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ**

Η χρήση αποθεμάτων εμφανίζεται από ένα απλό νοικοκυριό, μέχρι και πολυεθνικές επιχειρήσεις ή κρατικούς οργανισμούς. Έτσι, υπάρχουν πολλοί διαθέσιμοι ορισμοί, εκ των οποίων ο πιο γενικός αναφέρει πως αποθέματα είναι η ποσότητα κάποιων αγαθών που συσσωρεύονται για μελλοντική χρήση (Βικιπαιδεία, 2011). Για τους σκοπούς της συγκεκριμένης εργασίας, μπορεί να αναφερθεί πως τα αποθέματα αφορούν τα προϊόντα που προμηθεύεται ένας οργανισμός με σκοπό την εύρυθμη λειτουργία του, την συμβολή τους στην παραγωγική διαδικασία ενός τελικού προϊόντος, την χρήση τους σε επισκευές ή απλώς την μεταπώλησή τους. Τα αποθέματα, όπως θα αναλυθεί και στην συνέχεια, εξυπηρετούν 4 άξονες στην λειτουργία μιας επιχείρησης : τον χρόνο, την ασυνέχεια, την αβεβαιότητα και την οικονομία (Tersine, 1979). Ο όρος αποθηκευτική μονάδα SKU (Stock Keeping Unit) αντιπροσωπεύει κάθε ξεχωριστό είδος που διατηρείται προς πώληση και χρησιμοποιείται ως εναλλακτικός όρος του αποθέματος. Στην ουσία είναι ένα μοναδικός κωδικός που αποδίδεται σε κάθε είδος και μπορεί να αποτελείται από γράμματα και αριθμούς που προσδιορίζουν χαρακτηριστικά για κάθε προϊόν, όπως κατασκευαστής, μάρκα, στυλ, χρώμα και μέγεθος. Χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό και την παρακολούθηση του κάθε είδους αγαθού (Corporate Finance Institute).

Ιστορικά, η ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, οδήγησε τις επιχειρήσεις σε κατακόρυφη αύξηση της παραγωγής. Έτσι, εντάθηκε το πρόβλημα διαχείρισης των αποθεμάτων, με τους επιστήμονες της εποχής να αδυνατούσαν να δώσουν λύση (Μπερμπερής, 2010). Ως εκ τούτου, εντάθηκαν οι επιστημονικές έρευνες, με την πρώτη εργασία μοντελοποίησης συστημάτων αποθήκευσης να δημοσιεύεται από τον (Harris, 1913). Σε αυτή την μεθοδευμένη επιστημονική έρευνα, αναλύθηκε ένα ντετερμινιστικό μοντέλο αποθεμάτων και αποδείχθηκε η μαθηματική σχέση για την οικονομική ποσότητα παραγγελίας (Economic Order Quantity - EOQ). Μετά από 20 χρόνια, το 1934, ο R. H. Wilson, στην δημοσίευσή του «A scientific routine for stock control» ανέλυσε εκτενέστερα το σύστημα της οικονομικής ποσότητας παραγγελίας (Wilson, 1934). Στην συνέχεια ήρθαν στην επιφάνεια και άλλες δημοσιεύσεις σταθμός για την διαχείριση αποθεμάτων με μαθηματικό υπόβαθρο, όπως του (Arrow, 1958) και του (Dvoretzky, 1952). Μέχρι σήμερα έχουν δημοσιευθεί χιλιάδες εργασίες για την διαχείριση αποθεμάτων.

## **2.3 ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ**

Τα αποθέματα εξυπηρετούν τέσσερις παράγοντες. Τον χρόνο, την ασυνέχεια, την αβεβαιότητα και την οικονομία (Tersine, 1979, pp. 10-12). Ο παράγοντας χρόνος περιλαμβάνει το διάστημα που απαιτείται για την παραγωγή και διανομή των αγαθών προτού φτάσουν στον καταναλωτή. Χρειάζεται χρόνος για το χρονοδιάγραμμα παραγωγής, για την παραγγελία και διανομή πρώτων υλών, για τον έλεγχο αυτών, για την έναρξη της παραγωγικής διαδικασίας, για την παραγωγή των προϊόντων, για τον έλεγχό της ποιότητάς τους, για την διανομή τους στους χονδρέμπορους ή στους τελικούς καταναλωτές. Με γνώμονα την επιθυμία των καταναλωτών για γρήγορη εξυπηρέτηση, η διατήρηση αποθεμάτων είναι απαραίτητη.

Ο παράγοντας ασυνέχεια καλύπτεται από την απομόνωση κάθε μέρος του συστήματος που επιτυγχάνει η διατήρηση αποθεμάτων. Επιτρέπει στο κάθε τμήμα να λειτουργεί αυτόνομα χωρίς να περιμένει κάθε φορά την ολοκλήρωση μιας προηγούμενης διαδικασίας. Αυτή η αποδέσμευση των φάσεων της διαδικασίας αγοράς – παραγωγής – διανομής προσφέρει σημαντικά χαμηλότερη πολυπλοκότητα συστημάτων, άρα υψηλότερη απόδοση και κατ' επέκταση χαμηλότερες δαπάνες.

Η αβεβαιότητα αντιπροσωπεύει τα απρόβλεπτα συμβάντα που αποκλίνουν από το αρχικό οργανόγραμμα του εκάστοτε οργανισμού, όπως σφάλματα σε προβλέψεις ζήτησης, βλάβες σε μηχανήματα, καθυστερήσεις στην παραγωγή, απεργίες, αργοπορία στις αποστολές λόγω καιρικών συνθηκών κτλ. Η ύπαρξη αποθεμάτων προσφέρει μια προστασία σε αυτά τα περιστατικά.

Η ύπαρξη αποθεμάτων επιτρέπει στον οργανισμό να επωφελείται από εναλλακτικές λύσεις που ελαττώνουν το επενδύμενο κεφάλαιο. Οι εκπτώσεις που παρέχονται σε αγορές μεγάλων ποσοτήτων και η εξασφάλιση αποθεμάτων έναντι επικείμενων αυξήσεων του κόστους των υλικών είναι δύο παραδείγματα που μπορούν να μειώσουν σημαντικά το κόστος ενός οργανισμού.

## 2.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Τα αποθέματα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με πολλούς τρόπους. Εδώ θα αναφερθούν οι τύποι αποθεμάτων με βάση την φυσική τους μορφή (Tersine, 1979) και η αντιστοιχία τους με τους διάφορους τύπους οργανισμών, καθώς επίσης και με βάση την αιτία δημιουργίας τους.

### 2.4.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΦΥΣΙΚΗ ΤΟΥΣ ΥΠΟΣΤΑΣΗ

Οι επιμέρους κατηγορίες αποθεμάτων που συναντώνται στο πλαίσιο της καθημερινής δραστηριοποίησης των σύγχρονων οργανισμών, διαφαίνονται και περιγράφονται ακολούθως:

- **Εφόδια (Maintenance, repair, and operations (MRO) goods):** Είναι τα υλικά εκείνα που χρησιμοποιούνται σε καθημερινή βάση για τις λειτουργικές ανάγκες ενός οργανισμού και δεν αποτελούν μέρος του τελικού προϊόντος. (π.χ. χαρτί Α4, μελάνι εκτυπωτή, στυλό, μολύβια, λάμπες κλ.)
- **Πρώτες ύλες (Raw materials):** Είναι υλικά και εξαρτήματα που έχουν προγραμματιστεί να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή ενός προϊόντος. Για παράδειγμα μια εταιρία που φτιάχνει μητρικές πλακέτες, ως πρώτες ύλες θα χρησιμοποιήσει τρανζίστορ, διόδους, πυκνωτές, αντιστάσεις, ολοκληρωμένα κυκλώματα κτλ.
- **Υπο-επεξεργασία/ ημικατεργασμένα αγαθά (Work in process):** Είναι τα υλικά και τα εξαρτήματα που έχουν αρχίσει να μετατρέπονται σε τελικά προϊόντα και βρίσκονται ακόμα στην παραγωγική διαδικασία. Στο προηγούμενο παράδειγμα το τελικό προϊόν είναι η μητρική πλακέτα. Μια άλλη επιχείρηση που κατασκευάζει ηλεκτρονικές συσκευές, θα χρησιμοποιήσει την μητρική πλακέτα σαν «πρώτη ύλη» για την σύνθεση του δικού της τελικού προϊόντος. Για την συγκεκριμένη παραγωγική διαδικασία η μητρική πλακέτα θεωρείται υπο-επεξεργασία / ημικατεργασμένο αγαθό.
- **Έτοιμα αγαθά (Finished goods):** Είναι τα αγαθά έτοιμα προς πώληση στους πελάτες.

Η υπαγωγή των αποθεμάτων σε μία από τις παραπάνω κατηγορίες εξαρτάται κάθε φορά από την περίπτωση που εξετάζεται (ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Είδη Αποθεμάτων με Βάση την Φυσική τους Υπόσταση (Tersine, 1979, p. 7)). Όπως αναφέρθηκε, για ένα εργοστάσιο κατασκευής κινητών τηλεφώνων μία μητρική πλακέτα είναι πρώτη ύλη. Όμως για το τμήμα ή το εργοστάσιο που παράγει τις μητρικές πλακέτες, αυτές είναι το τελικό προϊόν. Ο παραλήπτης των τελικών προϊόντων μπορεί να είναι ο τελικός καταναλωτής, ένας οργανισμός λιανικών πωλήσεων, ένας χονδρέμπορος ή ένας άλλος κατασκευαστής.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΙΔΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ	ΕΚΚΡΟΕΣ
Προμηθευτές	Εφόδια	Διοίκηση / Συντήρηση και παραγωγή
Προμηθευτές	Πρώτες ύλες	Παραγωγή
Φάσεις Παραγωγής	Ημικατεργασμένα αγαθά	Επόμενη φάση παραγωγής
Προμηθευτές ή Παραγωγή	Έτοιμα αγαθά	Αποθήκευση / Καταναλωτής

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Είδη Αποθεμάτων με Βάση την Φυσική τους Υπόσταση (Tersine, 1979, p. 7)

Ο κάθε οργανισμός, ανάλογα με την υπόστασή του έχει διαφορετικά ζητήματα αποθεμάτων που πρέπει να επιλύσει (Tersine, 1979). Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν συστήματα λιανικής πώλησης, συστήματα χονδρικής πώλησης / διανομής και συστήματα παραγωγής / κατασκευής / συναρμολόγησης. Στον (ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Οργανωτικές Κατηγορίες – Τύποι Αποθεμάτων (Tersine, 1979, p. 8)) αναφέρονται οι κατηγορίες οργανισμών και οι τύποι των αποθεμάτων που συναντώνται σε κάθε μία.

ΤΥΠΟΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ			
	MRO	Raw materials	Work in process	Finished goods
ΛΙΑΝΙΚΗ ΠΩΛΗΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ	ΝΑΙ	-	-	-
ΛΙΑΝΙΚΗ ΠΩΛΗΣΗ ΑΓΑΘΩΝ	ΝΑΙ	-	-	ΝΑΙ
ΧΟΝΔΡΙΚΗ ΔΙΑΝΟΜΗ	ΝΑΙ	-	-	ΝΑΙ
ΠΑΡΑΓΩΓΗ / ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ / ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Οργανωτικές Κατηγορίες – Τύποι Αποθεμάτων (Tersine, 1979, p. 8)

#### 2.4.2 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΙΤΙΑ ΔΗΜΗΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ

Σε διάφορα σημεία της βιβλιογραφίας αναφέρονται οι κατηγορίες των αποθεμάτων με βάση την αιτία δημιουργίας τους. Οι κατηγορίες αυτές φαίνονται παρακάτω:

- **Κυκλικό (Cycle stock):** Το απόθεμα κύκλου είναι το ποσό του αποθέματος που προγραμματίζεται να χρησιμοποιηθεί κατά την διάρκεια μιας δεδομένης περιόδου. Η περίοδος ορίζεται ως ο χρόνος μεταξύ των παραγγελιών (για τις πρώτες ύλες) ή ο χρόνος μεταξύ των κύκλων παραγωγής (για τα υποεπεξεργασία/ ημικατεργασμένα αγαθά και για τα έτοιμα αγαθά) (Silver, et al., 2017).
- **Σε Μεταφορά (In transit):** Αυτά τα αποθέματα είναι μέρος του κυκλικού αποθέματος. Δεν είναι διαθέσιμα για πώληση καθώς βρίσκονται σε μεταφορά από το σημείο αποστολής προς τον παραλήπτη (Μπερμπερής, 2010).
- **Ασφαλείας (Safety stock):** Η αβεβαιότητα του περιβάλλοντος (π.χ. καθυστέρηση παράδοσης παραγγελίας από τον προμηθευτή, μη προβλεπόμενες διακυμάνσεις



στην ζήτηση ενός αγαθού κτλ.) είναι η αιτία για την διατήρηση αποθεμάτων ασφαλείας. Μια εταιρία με αυτόν τον τρόπο, θέλει να εξασφαλίσει την ομαλή λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας ή των πωλήσεων (Silver, et al., 2017).

- **Κερδοσκοπίας (Speculation stock):** Σε περίπτωση που κάποιος προμηθευτής ανακοινώσει επερχόμενη έλλειψη ή αύξηση τιμής σε κάποιο προϊόν, πολλοί οργανισμοί θα παραγγείλουν μεγαλύτερες ποσότητες έτσι ώστε σε βάθος χρόνου να έχουν μεγαλύτερο κέρδος. Αυτό το επιπλέον εμπόρευμα ονομάζεται απόθεμα κερδοσκοπίας και δεν θα υπήρχε υπό κανονικές συνθήκες (Mrwanaga, 2005).
- **Εποχιακά (Seasonal stock / Anticipation stock):** Είναι τα αποθέματα που έχουν υψηλή ζήτηση κατά την διάρκεια συγκεκριμένων περιόδων του έτους (π.χ. Χριστούγεννα, Πάσχα, Απόκριες). Τα στελέχη πρέπει να ενεργήσουν κατάλληλα ώστε οι επιχειρήσεις να έχουν ομαλή και αποδοτική λειτουργία κατά την διάρκεια αυτών των περιόδων (Silver, et al., 2017).
- **Αποσύνδεσης (Decoupling stock):** Η παραγωγική διαδικασία ενός αγαθού μπορεί να έχει πολλά στάδια. Σε περίπτωση που υπάρξει κάποια καθυστέρηση σε κάποιο μηχάνημα σε ένα στάδιο, το επόμενο θα πρέπει να περιμένει για να αποκατασταθεί η βλάβη για να συνεχιστεί η παραγωγή. Αν όμως τα ενδιάμεσα στάδια διαθέτουν αποθέματα από τα ημικατεργασμένα υλικά που χρειάζονται, επιτυγχάνεται αποσύνδεση των τμημάτων. Έτσι το κάθε τμήμα λειτουργεί αυτόνομα (Silver, et al., 2017).
- **Νεκρά (Dead stock):** Είναι τα αποθέματα που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Αυτά τα αγαθά δεν έχουν ζήτηση και δεν πρόκειται να πωληθούν (Mrwanaga, 2005).

Ο παραπάνω διαχωρισμός, έχει βαρύνουσα σημασία για την κατανόηση της λειτουργίας της αποθήκης. Τα περισσότερα αποθέματα μπορούν να βρεθούν περιστασιακά σε όλες τις παραπάνω κατηγορίες.

## 2.5 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Ως βασικά χαρακτηριστικά των μοντέλων διαχείρισης θεωρούνται τα στοιχεία εκείνα που χρήζουν ανάλυσης και προσοχής για την παρουσίαση των διάφορων μοντέλων που θα εξεταστούν στο κεφάλαιο (4). Αυτά είναι:

### 2.5.1 ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ / ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΟΧΗΣ (LEAD TIME)

Ο χρόνος παραγγελίας  $t_l$  ορίζεται ως το χρονικό διάστημα που παρέρχεται από την στιγμή που αποφασίζεται να εκδοθεί μια παραγγελία, μέχρι την στιγμή που το απόθεμα είναι έτοιμο στα ράφια της αποθήκης (Silver, et al., 2017, pp. 44-45). Σύμφωνα με τους (Silver, et al., 2017), ο χρόνος ανοχής χωρίζεται σε πέντε κατηγορίες:

- **Διοικητικός Χρόνος (Administrative Time):** Είναι ο χρόνος που απαιτείτε από την διεύθυνση της εταιρίας για να εκδοθεί η παραγγελία.
- **Χρόνος Μετάβασης (Transmit Time):** Είναι ο χρόνος που χρειάζεται να μεταβεί η παραγγελία στον προμηθευτή. Αν αυτό γίνεται ηλεκτρονικά, τότε ο χρόνος είναι αμελητέος, αν όμως απαιτείται αποστολή εγγράφων μέσω αλληλογραφίας, τότε είναι σημαντικός παράγοντας.
- **Χρόνος στον Προμηθευτή (Time at the Supplier):** Είναι ο χρόνος που χρειάζεται ο προμηθευτής για να προετοιμάσει την παραγγελία. Είναι το χρονικό τμήμα που

ευθύνεται περισσότερο για την μεταβλητότητα που έχει πολλές φορές ο χρόνος ανοχής.

- **Χρόνος Αποστολής της Παραγγελίας (Transmit Time Back):** Είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να αποσταλεί η παραγγελία από τον προμηθευτή πίσω στον οργανισμό.
- **Χρόνος από την Παραλαβή μέχρι την Διαθεσιμότητα (Time from Receipt until its Available):** Είναι ο χρόνος που χρειάζονται οι υπάλληλοι της αποθήκης για τον ποιοτικό και ποσοτικό έλεγχο της παραλαβής.

Ο χρόνος παραγγελίας μπορεί να είναι γνωστός, αν δεν είναι γνωστός μπορεί να προσδιοριστεί η κατανομή του.

### 2.5.2 ΖΗΤΗΣΗ

Η ζήτηση των SKU αποτελεί ίσως το βασικότερο χαρακτηριστικό για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, p. 201). Η ζήτηση αποτελείται από τα ακόλουθα τέσσερα επίπεδα ενδιαφέροντος:

- **Ύψος / Μέγεθος:** Αφορά την ποσότητα των αγαθών που θα ζητηθούν από τους πελάτες (π.χ. για το ανταλλακτικό A, το ετήσιο ύψος ζήτησης ανέρχεται στα 200 τεμάχια).
- **Ρυθμός:** Αναφέρεται στην συχνότητα που εμφανίζεται η ζήτηση (π.χ. 20 τεμάχια ανά μήνα). Αν το ύψος ζήτησης είναι ίδιο από περίοδο σε περίοδο, τότε ο ρυθμός θεωρείται σταθερός. Αν αντίθετα το ύψος δεν είναι σταθερό, τότε ο ρυθμός είναι μεταβλητός. Στην συνέχεια θα αναφερθεί κριτήριο, σύμφωνα με το οποίο ο ρυθμός ζήτησης μπορεί να θεωρηθεί ή όχι σταθερός (4.6).
- **Μορφή:** Έγκειται στην διαφοροποίηση της ζήτησης σε ανεξάρτητη ή εξαρτημένη. Προϊόντα ανεξάρτητης ζήτησης θεωρούνται αυτά που δεν εξαρτώνται από την ζήτηση άλλων αγαθών. Στην περίπτωση της εξαρτημένης ζήτησης, η ανάγκη για ένα αντικείμενο είναι αποτέλεσμα της ανάγκης ενός άλλου, συνήθως σε υψηλότερο επίπεδο της παραγωγικής διαδικασίας. Για να γίνει ξεκάθαρη η διαφορά, θα τεθεί ένα παράδειγμα. Μία εταιρία κατασκευής κινητών τηλεφώνων ανακοινώνει την κυκλοφορία δέκα χιλιάδων συσκευών ενός καινούριου μοντέλου. Αυτή η πρόβλεψη ζήτησης των δέκα χιλιάδων μοντέλων είναι ανεξάρτητη από κάποια άλλη ζήτηση αγαθού σε αυτή την παραγωγική διαδικασία. Ενώ, η ζήτηση των μπαταριών που θα προμηθευτεί η κατασκευάστρια εταιρία είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την κατασκευή των δέκα χιλιάδων συσκευών.
- **Διαχρονική Συμπεριφορά:** Αποτελείται από την γνώση ή μη της μελλοντικής ζήτησης. Η μελλοντική ζήτηση μπορεί να είναι γνωστή με ακρίβεια και έτσι έχουμε ένα πρόβλημα αποθεμάτων με συνθήκες βεβαιότητας. Γνωστή μελλοντική ζήτηση συναντάται στην κατασκευή ενός κτηρίου, ή μιας παρτίδας ηλεκτρονικών συσκευών. Για πολλά προϊόντα κυρίως στο επίπεδο λιανικής πώλησης η ζήτηση ακολουθεί τις αρχές της θεωρίας των πιθανοτήτων και η κατανομή της πιθανότητάς της είναι προσεγγίσιμη. Τέλος, υπάρχει η περίπτωση της πλήρους άγνοιας της ζήτησης. Για ένα πρωτοεμφανιζόμενο αγαθό το πρόβλημα αποθεμάτων είναι υπό συνθήκες αβεβαιότητας.

Η σημασία της ζήτησης είναι τόσο μεγάλη για τον προσδιορισμό και την εφαρμογή του κατάλληλου μοντέλου που όλο το 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο θα αφιερωθεί στην παρουσίαση μεθόδων πρόβλεψης ζήτησης.

### 2.5.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Το συνολικό κόστος για την λειτουργία ενός συστήματος αποθεμάτων αποτελεί παράγοντα υψηλού ενδιαφέροντος, καθώς συνιστά βασικό μέτρο της απόδοσης του. Κάθε οργανισμός που επιθυμεί να βελτιστοποιήσει το σύστημα αποθεμάτων του, οφείλει να γνωρίζει τα αντίστοιχα κόστη και να αναζητά τρόπους ώστε αυτά να ελαχιστοποιούνται. Σύμφωνα με τον (Tersine, 1979) τα στοιχεία κόστους έχουν ως εξής:

- **Κόστος Προμήθειας / Απόκτησης Αποθέματος:** Το κόστος αγοράς μίας μονάδας ενός είδους συμβολίζεται με  $C$  (cost per unit). Αποτελεί την τρέχουσα τιμή αγοράς της μονάδας και συμπεριλαμβάνει τα έξοδα μεταφοράς και δασμών αν αυτά απαιτούνται, καθώς επίσης και όλες τις επιπρόσθετες δαπάνες ώστε το αγαθό να είναι έτοιμο προς πώληση. Έτσι, το κόστος απόκτησης μίας ποσότητας  $Q$  ενός είδους είναι γραμμικά ανάλογο της ποσότητας και ισούται με  $CQ$ . Το μοναδιαίο κόστος  $C$  είναι αρκετά σημαντικό για δύο λόγους. Πρώτον το συνολικό κόστος προμήθειας μιας ποσότητας  $Q$  εξαρτάται άμεσα από αυτό και δεύτερον, το κόστος διατήρησης ενός προϊόντος σε απόθεμα εξαρτάται από το  $C$ . Τέλος πρέπει να σημειωθεί πως το κόστος απόκτησης μίας ποσότητας  $Q$  μπορεί να εξαρτάται από την ποσότητα  $Q$  ή να είναι σταθερό. Στις περισσότερες εφαρμογές θεωρείτε σταθερό.
- **Κόστος Παραγγελίας (Ordering Cost):** Το κόστος παραγγελίας  $C_{OR}$  περιλαμβάνει όλα εκείνα τα στοιχεία κόστους που δημιουργούνται από την έκδοση μιας παραγγελίας για κάποιον προμηθευτή και από την παραλαβή της παραγγελίας στην αποθήκη. Πιο συγκεκριμένα τα έντυπα, τα έξοδα επικοινωνίας με τους προμηθευτές, τα κονδύλια για τον προσδιορισμό των προδιαγραφών, η έρευνα αγοράς, τα πιθανά έξοδα εκτελωνισμού και η απασχόληση εργατικού δυναμικού τόσο για την έκδοση της όσο και κατά την παραλαβή για τον ποσοτικό και ποιοτικό έλεγχο, αποτελούν τους πιο βασικούς παράγοντες για το κόστος παραγγελίας. Το  $C_{OR}$  αποτελείται από ένα σταθερό τμήμα (ρύθμιση παραγγελίας – set up cost) και ένα μεταβλητό (που εξαρτάται από την ποσότητα  $Q$ ). Συνήθως όμως, στις εφαρμογές θεωρείται σταθερό και ανεξάρτητο από την ποσότητα παραγγελίας.
- **Κόστος Διατήρησης Αποθέματος (Holding / Currying Cost):** Περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία κόστους που δημιουργούνται από την φυσική παρουσία μίας μονάδας αποθέματος σε μία προκαθορισμένη χρονική περίοδο και συμβολίζεται με  $H$ . Για υπολογιστικούς λόγους το διακρίνουμε σε (α)κόστος αποθήκευσης, (β)κόστος παλαίωσης και αλλοίωσης, (γ)κόστος απωλειών, (δ)κόστος δέσμευσης κεφαλαίου (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, p. 196). Το κόστος αποθήκευσης εμπεριέχει τα λειτουργικά έξοδα της αποθήκης, το κόστος για τις εργατοώρες των υπαλλήλων και την ασφάλιση του αποθέματος. Το κόστος παλαίωσης και αλλοίωσης αντικατοπτρίζει τον κίνδυνο ότι ένα είδος θα χάσει την αξία του ή την λειτουργική του ικανότητα με το πέρασμα του χρόνου. Κόστος απωλειών είναι η φύρα λόγω ζημιών ή κλοπών. Η σημασία του κόστους δέσμευσης κεφαλαίου είναι τεράστια. Αποτελεί το ευκαιριακό κόστος του επενδυμένου κεφαλαίου, δηλαδή την απόδοση που θα μπορούσε να έχει το κεφάλαιο σε μία άλλη επένδυση, εάν δεν επενδυόταν σε αποθέματα. Στην πράξη είναι αρκετό να εκφραστεί σε περιοδική βάση ως ποσοστό  $h$  του μέσου όρου αξίας αποθέματος ( $h=H/C$ ), το οποίο διατηρείται στην διάρκεια της περιόδου. Σε πρακτικές εφαρμογές έχει βρεθεί πως το ετήσιο κόστος διατήρησης είναι από 15-40 % του μέσου όρου αξίας του αποθέματος που διατηρείται (Tersine, 1979).
- **Κόστος Έλλειψης Αποθέματος (Stockout / Shortage Cost):** Είναι το κόστος που λαμβάνει χώρα όταν η ζήτηση των πελατών δεν μπορεί να ικανοποιηθεί για ένα

χρονικό διάστημα. Το μοναδιαίο κόστος έλλειψης για αυτό το χρονικό διάστημα συμβολίζεται με  $C_{ST}$ . Είναι εξαιρετικά δύσκολος ο υπολογισμός αυτού του κόστους στην πράξη, αφού η έλλειψη μιας μονάδας κλονίζει και την εμπιστοσύνη του πελάτη. Οπότε, στα περισσότερα συστήματα αποθεμάτων, αναζητείται εκείνη η πολιτική διαχείρισης που ελαχιστοποιεί τα υπόλοιπα στοιχεία κόστους, ενώ παράλληλα εξασφαλίζει την μέγιστη αποδεκτή πιθανότητα να μην ξεμείνει το εξεταζόμενο σύστημα από απόθεμα.

Το συνολικό κόστος διαχείρισης  $C_T$  των αποθεμάτων υπολογίζεται για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και ισούται με το άθροισμα όλων των παραπάνω παραγόντων κόστους. Αν το μοναδιαίο κόστος αγοράς είναι σταθερό και ανεξάρτητο από την ποσότητα παραγγελίας  $Q$  τότε το  $C_T$  υπολογίζεται ως το άθροισμα όλων των προηγούμενων στοιχείων εκτός από τον παράγοντα του κόστους προμήθειας / απόκτησης αποθέματος (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, p. 196). Στο ακόλουθο πίνακάκι αναφέρονται συνοπτικά οι συμβολισμοί που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα εργασία για τα στοιχεία κόστους:

Ορολογίες	Σύμβολα
Συνολικό κόστος διαχείρισης για ένα χρονικό διάστημα (συνήθως ετήσιο)	$C_T$
Μοναδιαίο κόστος αγοράς	$C$
Κόστος μιας παραγγελίας	$C_{OR}$
Κόστος διατήρησης μιας μονάδας αποθέματος για ένα χρονικό διάστημα (συνήθως ετήσιο)	$H=hC$
Κόστος έλλειψης μιας μονάδας αποθέματος για ένα χρονικό διάστημα	$C_{ST}$
Ποσότητα παραγγελίας	$Q$

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Κόστη Αποθεμάτων

## 2.6 ΤΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ ΠΟΥ ΘΑ ΕΞΕΤΑΣΤΕΙ

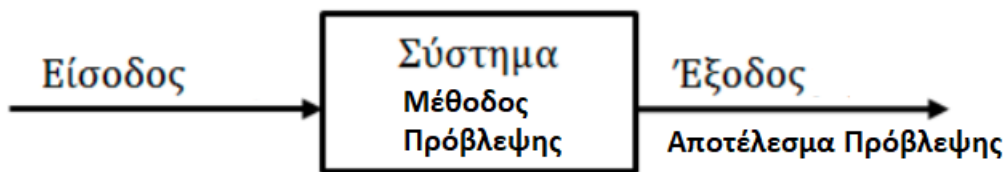
Η iRepair αναγνωρίζεται ως η πιο μεγάλη αλυσίδα επισκευαστικών κέντρων ηλεκτρονικών συσκευών στην Ελλάδα. Εμφανίστηκε στην αγορά το 2007, από τον Chris Humbert, με στόχο να προσφέρει υποστήριξη σε προβλήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών (Desktop & Laptop). Στην συνέχεια, ακολουθώντας τις τεχνολογικές εξελίξεις και τις απαιτήσεις των πελατών της πρόσθεσε στην γκάμα της, επισκευές για smartphones και tablets. Μέχρι σήμερα (μέσα 2020) υπολογίζεται πως έχει επιδιορθώσει πάνω από 400.000 συσκευές. Διαθέτει συνολικά 37 καταστήματα, μεταξύ αυτών ένα κατάστημα στην Κύπρο και ένα στην Τουρκία.

Με την ραγδαία ανάπτυξη της εταιρίας κρίθηκε αναγκαίο να δημιουργηθεί κεντρικό τμήμα για την αποθήκευση και τον έλεγχο των πιο βασικών ανταλλακτικών που χρησιμοποιεί, με στόχο την γρήγορη εξυπηρέτηση και την διασφάλιση ποιότητας. Το 2019, η iRepair ξεκίνησε να λειτουργεί την δική της πλατφόρμα CRM («Customer Relationship management»), μέσα στην οποία περιλαμβάνονται και οι διακινήσεις της κεντρικής αποθήκης. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από την πλατφόρμα της iRepair, να προτείνει ένα αποδοτικό μοντέλο διαχείρισης αποθεμάτων, το οποίο θα επιτρέπει στο σύστημα να μην έχει ελλείψεις, ενώ παράλληλα θα διασφαλίζει το χαμηλότερο δυνατό κόστος λειτουργίας.

### **3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ**

### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ

Πρόβλεψη είναι η διαδικασία εκτίμησης μελλοντικών συμβάντων που θα χρησιμοποιηθούν από έναν οργανισμό για την λήψη αποφάσεων (Ασκούνης, 2020). Στο λεξικό του Cambridge αναφέρεται πως «πρόβλεψη είναι η δήλωση για το τι κρίνεται πιθανό να συμβεί στο μέλλον, βάσει των πληροφοριών που υπάρχουν τώρα» (Cambridge Business English Dictionary, τελευταία πρόσβαση 12/11/2020). Μέθοδοι πρόβλεψης είναι τα συστήματα εκείνα που χρησιμοποιούν ως «είσοδο» ιστορικά δεδομένα ή απόψεις και στην «έξοδο» τους, αποσκοπούν στην πρόβλεψη μιας μελλοντικής τιμής μιας μεταβλητής (ΣΧΗΜΑ 2: Μέθοδοι Προβλέψεων). Οι επιχειρήσεις αναζητούν την γνώση τέτοιων τιμών για μια μελλοντική χρονική περίοδο, όπως έσοδα, όγκος πωλήσεων, ύψος ζήτησης προϊόντων, δαπάνες και άλλα, καθώς με αυτόν τον τρόπο τους επιτρέπεται να λαμβάνονται βέλτιστες επιχειρησιακές αποφάσεις. Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούν αρχικά οι μεθοδολογικές κατευθύνσεις για την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών μιας μεταβλητής. Στην συνέχεια θα αναλυθούν τα χαρακτηριστικά των ποσοτικών μεθόδων αναφέροντας τα στάδια της διαδικασίας, τα κριτήρια επιλογής μιας κατάλληλης ποσοτικής πρόβλεψης, τις μορφές ποσοτικών πληροφοριών, τους συμβολισμούς που θα χρησιμοποιηθούν και ένα τυπολόγιο για τις απαραίτητες στατιστικές σχέσεις που θα χρειαστούν. Έπειτα θα εστιαστεί η προσοχή στις μεθόδους ανάλυσης χρονοσειρών που ενδιαφέρουν την συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης. Τέλος θα μελετηθούν μέτρα για την εγκυρότητα και την αξιοπιστία στις προβλέψεις.



ΣΧΗΜΑ 2: Μέθοδοι Προβλέψεων

### 3.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

Υπάρχουν δύο γενικές κατηγορίες πρόβλεψης, οι ποιοτικές και οι ποσοτικές. Οι ποσοτικές με την σειρά τους διακρίνονται σε μεθόδους ανάλυσης χρονοσειρών και σε αιτιοκρατικές μεθόδους ή μεθόδους ανάλυσης των δομικών παραγόντων (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, pp. 28-31). Η ανάλυση των δύο κατευθύνσεων θα γίνει αμέσως μετά. Κάθε κατεύθυνση έχει τις δικές τις μεθόδους και κάθε μέθοδος τα δικά της πλεονεκτήματα, αλλά και κάποια μειονεκτήματα.

#### 3.2.1 ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ – ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΡΙΣΗΣ

Είναι οι μέθοδοι εκείνες κατά τις οποίες γίνονται προβλέψεις για το μέλλον, χρησιμοποιώντας την κρίση εμπειρογνομώνων αντί για αριθμητική ανάλυση δεδομένων. Εξαρτώνται από τις απόψεις και τις γνώσεις ειδικών, σε συνδυασμό με ποιοτικά κυρίως, αλλά και ποσοτικά στοιχεία και πληροφορίες. Οι πιο βασικοί τύποι ποιοτικών μεθόδων σύμφωνα με το άρθρο του Lie Dharma Putra, “Qualitative Forecasting Methods and Techniques” (Putra, 2009) είναι:

- **Επιτροπή Ειδικών:** Σε αυτή την μέθοδο αναφέρονται και υπολογίζονται οι προβλέψεις τιμών κάθε ειδικού ξεχωριστά. Έπειτα γίνεται συνάντηση όλων των ειδικών ταυτόχρονα για την εξαγωγή του μέσου όρου αυτών των τιμών.

- **Μέθοδος των Δελφών:** Γίνεται συνέντευξη με κάθε ειδικό ξεχωριστά για τα επερχόμενα γεγονότα. Ακολούθως, επιστρέφεται η σύνοψη όλων των απόψεων σε όλους τους ειδικούς με επισήμανση των σημαντικά διαφορετικών απόψεων. Τέλος, υπάρχει το δικαίωμα αναθεώρησης των ατομικών απόψεων ενόψει της ομαδικής απόκρισης.
- **Έρευνα Αγοράς / Καταναλωτών:** Σε αυτή την μέθοδο, η έρευνα διεξάγεται απευθείας στους πελάτες για τις αγορές τους. Οι έρευνες μπορούν να γίνουν μέσω τηλεφωνικών επαφών, προσωπικών συνεντεύξεων ή ερωτηματολογίων για την απόκτηση δεδομένων από τους πελάτες.
- **Σύνθεση Δυναμικού Πωλήσεων:** Η πρόβλεψη γίνεται με βάση τις απόψεις των πωλητών που έχουν συχνές αλληλεπιδράσεις με τους πελάτες. Εν κατακλείδι, ο διευθυντής πωλήσεων συνθέτει τις προβλέψεις για την εξαγωγή της τελικής πρόβλεψης.

Τα πλεονεκτήματά τους είναι η ευκολία στην κατανόηση και την εκτέλεσή τους, η ταχύτητα εξαγωγής συμπερασμάτων καθώς και η απουσία σύνθετων μαθηματικών. Ως κύρια μειονεκτήματα τους αναφέρονται η χαμηλή αξιοπιστία και οι ανακριβείς προβλέψεις. Χρησιμοποιούνται όταν δεν υπάρχουν επαρκή και αξιόπιστα στατιστικά στοιχεία σχετικά με τις τιμές της μεταβλητής που εξετάζεται. Για παράδειγμα, μια εταιρία τεχνολογίας ανακοινώνει την κυκλοφορία μιας καινούριας συσκευής. Η πρόβλεψη για την ζήτηση της νέας συσκευής θα πρέπει να εκτιμηθεί ποιοτικά, καθώς δεν υπάρχουν διαθέσιμα αξιόπιστα δεδομένα. Για τους σκοπούς της εργασίας οι ποιοτικές μέθοδοι δεν θα αναλυθούν περαιτέρω.

### 3.2.2 ΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες ποσοτικών μεθόδων: οι μέθοδοι ανάλυσης χρονοσειρών και οι αιτιοκρατικές μέθοδοι ανάλυσης δεδομένων (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, pp. 27-31). Η κάθε κατηγορία με την σειρά της, έχει αρκετά μαθηματικά μοντέλα που εφαρμόζονται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά κάθε φορά των διαθέσιμων δεδομένων και της εξεταζόμενης μεταβλητής. Προς το παρόν θα εξεταστούν τα γενικά χαρακτηριστικά των δυο βασικών κατηγοριών, όπως αναφέρονται στα βιβλία «Διαχείριση Υλικών και Συστήματα Αποθεμάτων» (Tersine, 1979, pp. 34-36 & 63-74) και «Διοίκηση Παραγωγικών Συστημάτων» (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, pp. 27-31):

#### 3.2.2.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ

Με τις μεθόδους αυτές γίνονται χρήση μαθηματικών μοντέλων για την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών μιας μεταβλητής, με βάση τις τιμές της στο παρελθόν. Κυρίαρχη υπόθεση στην ανάλυση χρονοσειρών είναι ότι οι διάφοροι δομικοί παράγοντες που διαμορφώνουν τις τιμές της εξεταζόμενης μεταβλητής στο πρόσφατο παρελθόν, όποιο και αν είναι αυτοί, θα συνεχίσουν να διαμορφώνουν τις τιμές της και στο προσεχές μέλλον. Η ανάλυση δεδομένων με βάση το χρόνο και πρόβλεψη μελλοντικών τιμών μιας χρονοσειράς είναι από τα πιο σημαντικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι αναλυτές σε πολλούς τομείς. Ο διαχωρισμός γίνεται σε τρεις κατηγορίες:

- **Απλοϊκά Μοντέλα:** Είναι τα μοντέλα που βασίζονται αποκλειστικά στην παρατήρηση των ιστορικών δεδομένων, χωρίς να χρειαστεί κάποια μαθηματική ανάλυση. Στην εργασία θα αναφερθεί ως απλοϊκό μοντέλο η «Ζήτηση Τελευταίας Περιόδου».

- **Μέσοι Όροι:** Είναι στην ουσία κινητοί μέσοι όροι που ενημερώνονται όσο έρχονται νέες πληροφορίες. Ως μέσοι όροι θα αναφερθούν οι «Απλός Μέσος Όρος», «Κινητός Μέσος Όρος κ Περιόδων» και «Σταθμισμένος Κινητός Μέσος Όρος κ Περιόδων».
- **Εκθετική Εξομάλυνση:** Αποτελούν εξέλιξη των μεθόδων μέσου όρου, όπως αναφέρουν οι (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, p. 56). Χρησιμοποιεί έναν σταθμικό μέσο όρο παλαιότερων δεδομένων ως βάση για μια πρόβλεψη. Ως μοντέλα εκθετικής εξομάλυνσης θα αναφερθούν τα «Απλή Εκθετική Εξομάλυνση», «Απλή Εκθετική Εξομάλυνση με Αναπροσαρμογή της Παραμέτρου α», «Εκθετική Εξομάλυνση για Γραμμική Τάση», «Εκθετική Εξομάλυνση με Εποχικότητα» και «Εκθετική Εξομάλυνση με Γραμμική Τάση και Εποχικότητα».

Πλεονεκτήματα των μεθόδων είναι τα απλά και κατανοητά μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται, το σχετικά χαμηλό κόστος και η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων σε προβλέψεις μικρού χρονικού ορίζοντα. Ως μειονεκτήματα αναφέρονται η απαραίτητη παρουσία ιστορικών στοιχείων και η μείωση της αξιοπιστίας όσο ο χρονικός ορίζοντας της πρόβλεψης μεγαλώνει. Χρησιμοποιούνται όταν υπάρχουν διαθέσιμα ιστορικά στοιχεία και ο χρονικός ορίζοντας της πρόβλεψης είναι μικρός.

### 3.2.2.2 ΑΙΤΙΟΚΡΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ / ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ

Οι μελλοντικές τιμές ενός μεγέθους διαμορφώνονται κάτω από την επίδραση ενός πλήθους δομικών παραγόντων οι οποίοι επενεργούν κατά έναν εξαιρετικά πολύπλοκο και πολλές φορές άγνωστο τρόπο. Σε περίπτωση που ήταν δυνατόν να βρεθούν όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή της εξεταζόμενης μεταβλητής, ήταν γνωστός ο τρόπος δράσης των παραγόντων αυτών, τα χαρακτηριστικά τους, η αλληλεπίδρασή τους και η συμμετοχή του καθενός από αυτούς στην διαμόρφωση της τιμής της μεταβλητής, θα μπορούσε κανείς κατασκευάζοντας το μαθηματικό πρότυπο που θα περιέγραφε με ακρίβεια αυτό τον μηχανισμό εξάρτησης της τιμής της μεταβλητής από τις τιμές των διαφόρων παραγόντων που την επηρεάζουν να προβλέψει τις μελλοντικές τιμές της μεταβλητής. Καταλαβαίνει κανείς πως οι δομικοί παράγοντες που μπορεί να συμμετέχουν στην διαμόρφωση των μελλοντικών τιμών μιας μεταβλητής ή ο μηχανισμός δράσης του καθενός από αυτούς, είναι τις περισσότερες φορές στοιχεία άγνωστα ή εξαιρετικά δύσκολο να κατανοηθούν πλήρως, ώστε να καταλήξει κανείς σε έναν αδιαμφισβήτητο και ακριβή νόμο μεταβολής. Ως εκ τούτου με τις αιτιοκρατικές μεθόδους διαμορφώνονται μαθηματικά πρότυπα που αποδίδουν με κάποια σχετική ακρίβεια την συμπεριφορά της μεταβλητής που εξετάζεται και τις αιτίες που προκάλεσαν τις μεταβολές της στο πρόσφατο παρελθόν. Σύμφωνα με τον (Ασκούνης, 2020, p. 9) υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες μοντέλων για τις αιτιοκρατικές μεθόδους:

- **Μέθοδοι Παλινδρόμησης:** Είναι μία στατιστική διαδικασία πρόβλεψης της μέσης σχέσης ανάμεσα στην εξαρτημένη μεταβλητή και την ανεξάρτητη μεταβλητή ή μεταβλητές. Από όλες τις μεθόδους που μπορεί να βρει κανείς σε βιβλιογραφίες, θα μελετηθεί μόνο η μέθοδος της «Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης», θεωρώντας πως η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι ο χρόνος.
- **Οικονομετρικά Μοντέλα:** Είναι ένα σύνολο εξαρτημένων εξισώσεων με στόχο την περιγραφή ενός τομέα της οικονομίας. Υπάρχουν περισσότερες από μία εξαρτημένες και ανεξάρτητες μεταβλητές, όπου πρέπει να συνδυαστούν με μοντέλα πρόβλεψης για τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Για τους σκοπούς της εργασίας δεν θα μελετηθεί κάποια τέτοια μέθοδος.



- **Μοντέλα Εισόδου/ Εξόδου:** Είναι τα μοντέλα που προβλέπουν αλλαγές στις πωλήσεις μιας βιομηχανίας, βασισμένα σε επικείμενες αλλαγές σε μία άλλη βιομηχανία. Για τους σκοπούς της εργασίας δεν θα μελετηθεί κάποια τέτοια μέθοδος.
- **Δείκτες Οδηγοί (Leading Indicators):** Είναι οι μέθοδοι που εντοπίζουν προϊόντα ή μεγέθη με παρόμοια συμπεριφορά με αυτά της προς μελέτη μεταβλητής, που όμως προηγούνται του μεγέθους πρόβλεψης. Για τους σκοπούς της εργασίας δεν θα μελετηθεί κάποια τέτοια μέθοδος.

Κύριο πλεονέκτημα των μεθόδων είναι τα εξαιρετικά αποτελέσματα σε μεσοπρόθεσμες προβλέψεις. Ως μειονεκτήματα σημειώνονται το υψηλό κόστος εφαρμογής και τα απαιτητικά σε γνώσεις μαθηματικά μοντέλα. Χρησιμοποιούνται κυρίως για μεσοπρόθεσμες προβλέψεις με υψηλή απαίτηση ακρίβειας, όταν υπάρχουν διαθέσιμα κατάλληλα στοιχεία για την κατασκευή μαθηματικού μοντέλου. Όταν υπάρχουν διαθέσιμα επαρκή στοιχεία για τους δομικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ανεξάρτητη μεταβλητή που μελετάται, οι αιτιοκρατικές μέθοδοι σίγουρα αποτελούν τις πιο αξιόπιστες μεθόδους. Οι αιτιοκρατικές μέθοδοι, εκτός της μεθόδου της «απλής γραμμικής παλινδρόμησης» δεν είναι αντικείμενο μελέτης για την παρούσα εργασία.

### 3.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΣΟΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Ως χαρακτηριστικά ποσοτικών μεθόδων θεωρούνται τα βασικά στοιχεία εκείνα που επιτρέπουν την κατανόηση των ακόλουθων μοντέλων που θα παρουσιαστούν. Αυτά είναι:

#### 3.3.1 ΣΤΑΔΙΑ ΣΤΗΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΠΟΣΟΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Συνδυάζοντας τα βιβλία «Διοίκηση Παραγωγικών Συστημάτων» (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, pp. 31-33) και «Διοίκηση Εκμετάλλευσης» (Shim & Siegel, 1999, pp. 90-91), η διαδικασία πρόβλεψης μπορεί να χωριστεί στα ακόλουθα 6 βήματα. Πιο αναλυτικά :

- **1<sup>ο</sup> Στάδιο - Ορισμός του προβλήματος:** Πρέπει να καθοριστεί η επιθυμητή μεταβλητή πρόβλεψης, σε τι αποσκοπεί αυτή η διαδικασία και το επιθυμητό επίπεδο ακρίβειας. Στην συγκεκριμένη μελέτη, η μεταβλητή πρόβλεψης είναι η ζήτηση και ο σκοπός της πρόβλεψης είναι ο προγραμματισμός για την εφαρμογή κάποιου από τα μοντέλα πρόβλεψης που θα αναφερθούν στο επόμενο κεφάλαιο. Το επίπεδο ακρίβειας είναι πάντα σημαντικό. Παρ' όλα αυτά, όπως θα γίνει κατανοητό στην συνέχεια υπάρχουν συστήματα που χρησιμοποιούν το λεγόμενο «απόθεμα ασφαλείας» για να καλύψουν το ενδεχόμενο σφάλμα μιας πρόβλεψης. Έτσι όσο πιο μικρό είναι το επίπεδο ακρίβειας, τόσο πιο μεγάλο θα πρέπει να είναι το απόθεμα ασφαλείας και έτσι τόσο πιο κοστοβόρα η συνολική διαχείριση αποθεμάτων. Κάποια αποδεκτά επίπεδα ακρίβειας των μεθόδων πρόβλεψης θα αναφερθούν στην ενότητα (3.6).
- **2<sup>ο</sup> Στάδιο - Καθορισμός χρονικού ορίζοντα πρόβλεψης:** Ο χρονικός ορίζοντας μία πρόβλεψης ορίζεται από τις ανάγκες του εκάστοτε οργανισμού αλλά και από τα διαθέσιμα δεδομένα. Για παράδειγμα μπορεί, κάποιος οργανισμός να επιζητά την πρόβλεψη ζήτησης για όλο τον επόμενο χρόνο ενός νέου σε κυκλοφορία προϊόντος. Είναι προφανές πως δεν μπορεί να υπάρξει κάποιο αξιόπιστο μοντέλο για μια τέτοια μακροπρόθεσμη πρόβλεψη.
- **3<sup>ο</sup> Στάδιο - Συγκέντρωση πληροφοριών:** Συγκεντρώνονται στατιστικά και αριθμητικά δεδομένα, καθώς επίσης και ποιοτικές πληροφορίες, προσωπικές απόψεις και

κρίσεις εξειδικευμένων στελεχών. Σε αυτό το στάδιο, οι πληροφορίες πρέπει να συγκεντρωθούν με εύχρηστη και κατανοητή μορφή.

- **4<sup>ο</sup> Στάδιο - Προκαταρκτική ανάλυση και διερεύνηση:** Έχοντας λοιπόν συγκεντρώσει τα διαθέσιμα δεδομένα από προηγούμενως, σε αυτό το στάδιο, θα εξαχθούν τα πρώτα εμφανή συμπεράσματα για αύξηση ή μείωση της τάσης, για περιοδικότητες ή εποχιακές τάσεις. Χρήσιμες σε αυτό θα φανούν οι γραφικές παραστάσεις που μπορούν να χαραχθούν από τα δεδομένα.
- **5<sup>ο</sup> Στάδιο - Επιλογή και προσαρμογή του κατάλληλου μαθηματικού προτύπου:** Εξετάζοντας τα δεδομένα σε συνδυασμό με τα διαθέσιμα μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης, γίνεται η επιλογή του κατάλληλου μοντέλου.
- **6<sup>ο</sup> Στάδιο - Χρήση προτύπου και αξιολόγηση των προβλέψεων:** Σε αυτό το σημείο γίνεται χρήση της μεθόδου και μόλις υπάρχουν διαθέσιμες οι πραγματικές τιμές, το σύστημα αξιολογείται. Αν οι προβλέψεις δεν είναι σε αποδεκτά επίπεδα τότε δοκιμάζονται και άλλες μέθοδοι μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα.

### 3.3.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ

Στην συνέχεια θα αναφερθούν τα κριτήρια για την επιλογή μεθόδων πρόβλεψης σύμφωνα με τους Jae K. Shim και Joel G. Siegel (Shim & Siegel, 1999, pp. 88-89):

- **Σχέση κόστους και κερδών:** Πρέπει να μελετηθεί συγκριτικά αν η ανάπτυξη κάποιου μοντέλου πρόβλεψης θα έχει περισσότερα τελικά οφέλη από τα αρχικά έξοδα ανάπτυξης του μοντέλου.
- **Πολυπλοκότητα προβλέψεων:** Η πολυπλοκότητα των σχέσεων πρόβλεψης, ορίζει και την πολυπλοκότητα του μοντέλου περιγραφής της πρόβλεψης.
- **Χρονικός ορίζοντας:** Υπάρχουν μέθοδοι που εξυπηρετούν βραχυπρόθεσμους και μακροπρόθεσμους σκοπούς.
- **Ακρίβεια:** Το κάθε μοντέλο στοχεύει σε διαφορετικά επίπεδα ακρίβειας.
- **Ανοχή σφαλμάτων:** Υπάρχουν συστήματα και εφαρμογές που θεωρούν ένα ελάχιστο επίπεδο ανοχής σφαλμάτων.
- **Διαθεσιμότητα δεδομένων:** Η εφαρμογή διαφόρων μοντέλων απαιτεί την διαθεσιμότητα δεδομένων. Ανάλογα με το πόσα δεδομένα είναι διαθέσιμα επιλέγεται και το κατάλληλο σύστημα.

### 3.3.3 ΜΟΡΦΕΣ ΠΟΣΟΤΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Υπάρχουν 2 κύριες μορφές ποσοτικών πληροφοριών, οι χρονοσειρές (time series data) και τα διαστρωματικά στοιχεία (cross sectional data) (Finance Train, τελευταία πρόσβαση 12/11/2020). Ο συνδυασμός αυτών των δεδομένων, δίνουν τα δεδομένα πίνακα (panel data/longitudinal). Ανατρέχοντας στο βιβλίο των (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, pp. 34-41) και στην διπλωματική εργασία του (Ξανθόπουλος, 2014) βρέθηκαν τα ακόλουθα:

**Χρονοσειρές (Time Series Data):** Είναι οι διαδοχικές χρονικά παρατηρήσεις της τιμής μιας μεταβλητής. Συνήθως είναι μια ακολουθία που λαμβάνεται σε διαδοχικά ισαπέχουσες χρονικές στιγμές. Έτσι μπορεί κανείς να πει πως είναι ακολουθίες δεδομένων διακριτού χρόνου. Έχοντας τα δεδομένα μπορεί να δημιουργηθεί η γραφική παράσταση. Με αυτήν, πρέπει να παρατηρηθούν οι χαρακτηριστικές συμπεριφορές, εάν αυτές υπάρχουν. Γενικά διακρίνονται 4 διαφορετικές πιθανές μορφές συμπεριφοράς και ονομάζονται συνιστώσες:

- **Οριζόντια συνιστώσα:** Είναι η περίπτωση που οι τιμές τις χρονοσειράς κινούνται γύρω από μία σταθερή τιμή.

- **Συνιστώσα τάσης:** Την συναντάμε όταν παρατηρείται σταδιακή αύξηση ή μείωση της τιμής της χρονοσειράς στην πάροδο του χρόνου.
- **Εποχιακή συνιστώσα:** Εμφανίζεται όταν οι τιμές μιας χρονοσειράς διαμορφώνονται από εποχιακούς παράγοντες (π.χ. χειμώνας, καλοκαίρι, Πάσχα, Χριστούγεννα, κάποια μέρα της εβδομάδας κτλ.). Σε αυτή την συμπεριφορά διακρίνονται αυξήσεις ή μειώσεις των τιμών της χρονοσειράς για συγκεκριμένη εποχική περίοδο.
- **Κυκλική συνιστώσα:** Συναντάται όταν οι αυξήσεις και οι μειώσεις της χρονοσειράς είναι συστηματικές αλλά όχι με σταθερό χρονικό βήμα όπως στην εποχιακή συνιστώσα.

**Διαστρωματικά Δεδομένα (Cross-Sectional Data):** Η μορφή αυτή αποτελείται από τιμές της μεταβλητής ή μεταβλητών σε δεδομένη χρονική στιγμή ή ανά περίοδο από διάφορες όμως ομάδες ή στρώματα. Για τα διαστρωματικά δεδομένα, σαν πρώτη ανάγνωση χρησιμοποιείται και πάλι η γραφική παράσταση, διαφορετικής όμως μορφής. Το διάγραμμα για αυτά τα στοιχεία ονομάζεται διάγραμμα διασποράς. Είναι προφανές πως αυτού του τύπου τα δεδομένα χρησιμοποιούνται στις αιτιοκρατικές μεθόδους.

**Δεδομένα Πίνακα (Panel Data/ Longitudinal):** Είναι ο συνδυασμός των δεδομένων χρονοσειρών με διαστρωματικά δεδομένα. Αυτά τα δεδομένα δίνουν την δυνατότητα να μελετηθεί η κάθε μεταβλητή διαχρονικά και την ίδια στιγμή επιτρέπει την ταυτόχρονη μελέτη πολλών διαφορετικών μεταβλητών. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται ευρέως σε κοινωνικές και οικονομικές επιστήμες.

### 3.3.4 ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Ακολούθως, θα χρησιμοποιηθεί η μεταβλητή  $Y$ , που αναφέρεται στην πραγματική τιμή που παίρνει η ζήτηση και η μεταβλητή  $D$ , που θα αφορά την πρόβλεψη της ζήτησης. Ο δείκτης των μεταβλητών  $t$  αφορά την χρονική περίοδο. Οπότε, η μεταβλητή  $Y_t$  δηλώνει την πραγματική τιμή της ζήτησης που παρατηρήθηκε στο τέλος της περιόδου  $t$  και η μεταβλητή  $D_{t+1}$  δηλώνει την πρόβλεψη της ζήτησης κατά την περίοδο  $t+1$ . Ως  $n$  θεωρείται το πλήθος των παρατηρήσεων.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
$Y$	Πραγματική τιμή ζήτησης
$D$	Πρόβλεψη ζήτησης
$t$	Χρονική περίοδος (συνήθως μήνας)
$n$	Πλήθος παρατηρήσεων

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Περιγραφή Βασικών Μεταβλητών

Να σημειωθεί σε αυτό το σημείο πως η περιορισμένη ανάλυση των αιτιοκρατικών μεθόδων στην συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης οφείλεται στην απουσία διαστρωματικών δεδομένων και δεδομένων πάνελ.

### 3.3.5 ΧΡΗΣΙΜΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για την πρόβλεψη της ζήτησης είναι σημαντική η γνώση κάποιων στατιστικών τιμών. Ακολούθως θα αναφερθούν τα απολύτως απαραίτητα, έτσι ώστε οι μέθοδοι πρόβλεψης να γίνουν κατανοητές. Οι πληροφορίες για τα πιο βασικά μέτρα έχουν συλλεχθεί από τις διαδικτυακές σημειώσεις με τίτλο «Εισαγωγή στις Πιθανότητες και τη Στατιστική» (Δαμιανού, et al., 2003, p. Κεφάλαιο 7). Υπάρχουν δύο μορφές περιγραφικών μέτρων. Τα μέτρα θέσης ή κεντρικής τάσης και τα μέτρα διασποράς ή μεταβλητότητας. Στις περιπτώσεις δεδομένων από μία μόνο μεταβλητή, όπως οι χρονοσειρές, χρήσιμο είναι να υπολογίζονται τα

αριθμητικά μέτρα που θα αναφερθούν, έτσι ώστε να υπάρχει μια καθαρή εικόνα της κατανομής των δεδομένων (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, p. 41) :

<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ ΘΕΣΗΣ</b>	
<b>Μέση τιμή:</b> Αποτελεί το σπουδαιότερο μέτρο της στατιστικής. Είναι ένα μέτρο θέσης και υπολογίζεται αν αθροίσεις τις τιμές ενός συνόλου και διαρέσεις το αποτέλεσμα με το πλήθος του συνόλου.	$E(Y) = \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$ <p style="text-align: center;"><i>ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.1</i></p>
<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ</b>	
<b>Μέση απόλυτη απόκλιση:</b> Είναι ο μέσος των απόλυτων τιμών των αποκλίσεων των παρατηρήσεων από των μέσο των παρατηρήσεων αυτών. Είναι ένα μέτρο μεταβλητότητας. (Median Absolute Deviation – MAD)	$MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n  Y_i - \bar{Y} $ <p style="text-align: center;"><i>ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.2</i></p>
<b>Διακύμανση ή Διασπορά:</b> Ως μέτρο μεταβλητότητας θεωρείται μια παράμετρος μεγάλου ενδιαφέροντος. Είναι περισσότερο εύχρηστη από την μέση απόλυτη απόκλιση καθώς είναι πιο εύχρηστη για μαθηματικές πράξεις.	$\sigma^2 = S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$ <p style="text-align: center;"><i>ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.3</i></p>
<b>Τυπική απόκλιση:</b> Είναι ένα μέτρο που χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί το ποσό της μεταβολής ή της διασποράς ενός συνόλου τιμών δεδομένων. Υπολογίζεται ως η θετική τετραγωνική ρίζα της διακύμανσης. Μια μικρή τιμή της τυπικής απόκλισης εκφράζει πως όλα τα δεδομένα είναι κοντά στον μέσο όρο. Μια μεγάλη τιμή δείχνει πως τα δεδομένα είναι διασκορπίζονται σε ένα μεγαλύτερο φάσμα τιμών.	$\sigma = S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$ <p style="text-align: center;"><i>ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.4</i></p>

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: Χαρακτηριστικές Τιμές Θέσης και Διασποράς (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, p. 41)

Στην περίπτωση των διαστρωματικών δεδομένων αναζητούμε σχέσεις εξάρτησης μεταξύ της μεταβλητής που μας ενδιαφέρει και κάποιων άλλων παραγόντων. Παρακάτω αναφέρονται δύο αριθμητικά μέτρα που περιγράφουν την γραμμική εξάρτηση μεταξύ των μεταβλητών X και Y (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, p. 42) :

<b>Συνδιακύμανση:</b> Είναι μέτρο του βαθμού συσχέτισης δύο μεταβλητών Y και X. Το πρόσημο στην συνδιακύμανση δείχνει την τάση στην γραμμική σχέση μεταξύ των μεταβλητών.	$Cov(Y, X) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})(X_i - \bar{X})$ <p style="text-align: center;"><i>ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.5</i></p>
<b>Συντελεστής συσχέτισης:</b> Είναι καθαρός αριθμός. Χρησιμοποιείται για την μέτρηση του βαθμού γραμμικής συσχέτισης. Όπου αν: r=0, τότε οι μεταβλητές δεν συσχετίζονται r=1, τότε υπάρχει τέλεια θετική συσχέτιση	$r(Y, X) = \frac{Cov(Y, X)}{S_Y S_X} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})(X_i - \bar{X})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}}$ <p style="text-align: center;"><i>ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.6</i></p>

$r=-1$ , τότε υπάρχει τέλεια αρνητική συσχέτιση	
--	--

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: Συνδιακύμανση και Συντελεστής Συσχέτισης

Ο συντελεστής συσχέτισης και η συνδιακύμανση αναφέρονται στο πλαίσιο κατανόησης της μεθόδου της απλής γραμμικής παλινδρόμησης που θα αναφερθεί.

### 3.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ

#### 3.4.1 ΑΠΛΟΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ - ΖΗΤΗΣΗ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ

Με την μέθοδο αυτή προβλέπεται ότι για την επόμενη περίοδο το επίπεδο της ζήτησης θα είναι ίσο με αυτό που παρατηρήθηκε την προηγούμενη περίοδο (Tersine, 1979, pp. 36-37).

Ο μαθηματικός τύπος είναι :

$$D_{t+1} = Y_t$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.7

Όπου:

$D_{t+1}$ = Η προβλεπόμενη ζήτηση για την περίοδο  $t+1$ ,

$Y_t$ = Η πραγματική ζήτηση που καταγράφηκε την περίοδο  $t$ .

Για την τεχνική αυτή δεν χρειάζονται υπολογισμοί, γεγονός που την καθιστά πολύ εύκολη, ανταποκρίνεται αρκετά καλά στις επικρατούσες τάσεις, δεν αντιδρά όμως καλά στις εποχιακές τάσεις και στις τυχαίες επιδράσεις.

#### 3.4.2 ΜΕΣΟΙ ΟΡΟΙ

##### 3.4.2.1 ΑΠΛΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ

Στην μέθοδο αυτή, η πρόβλεψη της επόμενης περιόδου είναι απλώς ο μέσος όρος των διαθέσιμων παρατηρήσεων  $Y_i$  (Tersine, 1979, p. 37). Δηλαδή :

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

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.8

Όπου:

$D_{t+1}$ = Η προβλεπόμενη ζήτηση για την περίοδο  $t+1$ ,

$Y_i$ = Η πραγματική ζήτηση που καταγράφηκε την περίοδο  $i$ .

Για τον απλό μέσο όρο απαιτείται η διατήρηση πολλών δεδομένων και όλα έχουν την ίδια βαρύτητα. Έτσι η μέθοδος εξομαλύνει τις τυχαίες διακυμάνσεις, δεν ανταποκρίνεται επαρκώς στις επικρατούσες τάσεις και αγνοεί τις εποχιακές επιδράσεις. Η εφαρμογή της είναι πολύ απλή.

##### 3.4.2.2 ΚΙΝΗΤΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ k ΠΕΡΙΟΔΩΝ

Στην προηγούμενη μέθοδο όλες οι παρατηρήσεις έχουν την ίδια βαρύτητα στην πρόβλεψη της επόμενης περιόδου. Έτσι, όταν είναι επιθυμητό να λαμβάνονται υπ' όψη μόνο οι πιο πρόσφατες παρατηρήσεις χρησιμοποιείται ο κινητός μέσος όρος  $k$  περιόδων. Η επιλογή του

$k$  γίνεται πειραματικά και εξαρτάται κάθε φορά από την μορφή της χρονοσειράς. Μαθηματικά :

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

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.9

Όπου:

$D_{t+1}$ = Η προβλεπόμενη ζήτηση για την περίοδο  $t+1$ ,

$Y_i$ = Η πραγματική ζήτηση που καταγράφηκε την περίοδο  $i$ .

$k$ = Το πλήθος των τελευταίων περιόδων που λαμβάνουν μέρος στον υπολογισμό της πρόβλεψης.

Η εκτέλεση της μεθόδου είναι πολύ απλή. Σε σχέση με την μέθοδο του απλού μέσου όρου υπάρχει καλύτερη απόκριση στις επικρατούσες τάσεις. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο (Tersine, 1979, p. 38) «Η τεχνική του κινητού μέσου όρου αποτελεί έναν συμβιβασμό μεταξύ των τεχνικών της ζήτησης τελευταίας περιόδου και του αριθμητικού μέσου όρου, με τα πλεονεκτήματα και των δύο και τα μειονεκτήματα καμιάς».

### 3.4.2.3 ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΣ ΚΙΝΗΤΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ $k$ ΠΕΡΙΟΔΩΝ

Σε περίπτωση που πρέπει να αποδοθεί διαφορετική βαρύτητα στις  $k$  περιόδους της προηγούμενης μεθόδου, χρησιμοποιείται η μέθοδος του σταθμισμένου κινητού μέσου όρου  $k$  περιόδων (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, pp. 47-50). Ο τύπος είναι:

$$D_{t+1} = w_1 Y_t + w_2 Y_{t-1} + \dots + w_k Y_{t-k+1}, \text{ με } w_1 + w_2 + \dots + w_k = 1$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.10

Όπου:

$D_{t+1}$ = Η προβλεπόμενη ζήτηση για την περίοδο  $t+1$ ,

$Y_t$ = Η πραγματική ζήτηση που καταγράφηκε την περίοδο  $t$ .

$k$ = Το πλήθος των τελευταίων περιόδων που λαμβάνουν μέρος στον υπολογισμό της πρόβλεψης.

$w_1, w_2, \dots, w_k$  = Οι συντελεστές στάθμισης για κάθε περίοδο.

Η επιλογή των συντελεστών στάθμισης γίνεται πειραματικά ή εμπειρικά. Εάν για παράδειγμα το πιο πρόσφατο παρελθόν θεωρείται ο πιο αξιόπιστος δείκτης για το τι αναμένεται στο μέλλον, πρέπει να έχει μεγαλύτερη βαρύτητα. Στην εκτέλεσή της δεν παρουσιάζει καμία δυσκολία.

### 3.4.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΘΕΤΙΚΗΣ ΕΞΟΜΑΛΥΣΗΣ

Οι μέθοδοι εκθετικής εξομάλυνσης αποτελούν μια εξελιγμένη μορφή των μεθόδων μέσου όρου (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, p. 56). Η βαρύτητα των δεδομένων μειώνεται εκθετικά με τον χρόνο. Είναι αυτές που χρησιμοποιούνται περισσότερο για βραχυπρόθεσμες προβλέψεις, όταν δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για την αιτιατή σχέση που συνδέει την υπό πρόβλεψη μεταβλητή με τους ανεξάρτητους δομικούς παράγοντες που πιθανόν να την

επηρεάζουν. Η χρήση τους βασίζεται στην υπόθεση πως το μέλλον είναι στενότερα συνδεδεμένο με το πρόσφατο παρά με το μακρινό παρελθόν.

Η εκθετική εξομάλυνση προήλθε από το έργο του Robert G. Brown ως αναλυτής OR (Operations Research) για το Ναυτικό των ΗΠΑ κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου (Gass & Harris, 2000). Το μοντέλο του Brown ήταν η απλή εκθετική εξομάλυνση για συνεχή δεδομένα. Αργότερα στις αρχές της δεκαετίας του 1950 ο Brown επέκτεινε την απλή εκθετική εξομάλυνση σε διακριτά δεδομένα και ανέπτυξε μεθόδους για τάσεις και εποχικότητα. Τα δύο πρώτα του βιβλία ήταν τα «Statistical Forecasting for Inventory Control» (Brown, 1959) και «Smoothing, Forecasting and Prediction of Discrete Time Series» (Brown, 1963). Σε πολλά μεταγενέστερα βιβλία του ο Brown συνδύασε την εκθετική εξομάλυνση με την διαχείριση αποθεμάτων (Gardner, 2005). Παράλληλα κατά την διάρκεια του 1950 ο Charles C. Holt εργάστηκε ανεξάρτητα από τον Brown για να αναπτύξει μια παρόμοια μέθοδο για εκθετική εξομάλυνση των τάσεων και μια εντελώς διαφορετική μέθοδο για την εξομάλυνση των εποχιακών δεδομένων. Το πρωτότυπο έργο του Holt τεκμηριώθηκε σε ένα μνημόνιο (Holt, 1957) και δεν δημοσιεύθηκε μέχρι πρόσφατα (Holt, 2004a) και (Holt, 2004b). Σε ένα άρθρο ορόσημο, ο (Winters, 1960) δοκίμασε τις μεθόδους του Holt με εμπειρικά δεδομένα. Τότε έγινε γνωστό το σύστημα προβλέψεων Holt-Winter.

Διαβάζοντας το «Exponential smoothing: The state of the art – Part II» (Gardner, 2005), μπορεί να δει κανείς πολύ περισσότερες λεπτομέρειες όσων αφορά τις μεθόδους εκθετικής εξομάλυνσης και την εξέλιξή τους. Για τις ανάγκες της εργασίας, με πηγή το βιβλίο των (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007), οι βασικές μέθοδοι εκθετικής εξομάλυνσης μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τον (Pegel, 1969), με βάση δύο κριτήρια. Την ύπαρξη ή όχι συστηματικής συνιστώσας τάσης ή/και εποχικότητας και τον τρόπο με τον οποίο κάθε συνιστώσα επιδρά στην διαχρονική μεταβολή της υπό πρόβλεψη μεταβλητής. Η επίδραση μπορεί να είναι προσθετική (additive) ή πολλαπλασιαστική (multiplicative). Αναλυτικά, χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες τρεις σχέσεις σε συνδυασμό με τον (ΠΙΝΑΚΑΣ 7: Ταξινόμηση Pegel (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, pp. 76-77)).

$$L_t = aP_t + (1 - a)Q_t$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.11

$$b_t = \beta R_t + (1 - \beta)b_{t-1}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.12

$$S_t = \gamma T_t + (1 - \gamma)S_{t-s}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.13

Οι μεταβλητές  $Q_t$ ,  $P_t$ ,  $R_t$  και  $T_t$  υπολογίζονται κατά περίπτωση όπως φαίνεται στον πίνακα 2.6. Το  $D_{t+m}$  είναι η πρόβλεψη, όπου  $m$  ο χρονικός ορίζοντας. Τα  $\alpha$ ,  $\beta$  και  $\gamma$  είναι σταθερές εξομάλυνσης.

Συνιστώσα τάσης	Συνιστώσα εποχικότητας		
	1 - Χωρίς επίδραση	2 - Προσθετική επίδραση	3 - Πολλαπλασιαστική επίδραση
<b>A - Χωρίς επίδραση</b>	$P_t = Y_t$ $Q_t = L_{t-1}$ $D_{t+m} = L_t$	$P_t = Y_t - S_{t-s}$ $Q_t = L_{t-1}$ $T_t = Y_t - L_t$ $D_{t+m} = L_t + S_{t+m-s}$	$P_t = Y_t/S_{t-s}$ $Q_t = L_{t-1}$ $T_t = Y_t/L_t$ $D_{t+m} = L_t S_{t+m-s}$



<b>Β - Προσθετική επίδραση</b>	$P_t = Y_t$ $Q_t = L_{t-1} + b_{t-1}$ $R_t = L_t - L_{t-1}$ $D_{t+m} = L_t + mb_t$	$P_t = Y_t - S_{t-s}$ $Q_t = L_{t-1} + b_{t-1}$ $R_t = L_t - L_{t-1}$ $T_t = Y_t - L_t$ $D_{t+m} = L_t + mb_t + S_{t+m-s}$	$P_t = Y_t/S_{t-s}$ $Q_t = L_{t-1} + b_{t-1}$ $R_t = L_t - L_{t-1}$ $T_t = Y_t/L_t$ $D_{t+m} = (L_t + mb_t)S_{t+m-s}$
<b>Γ - Πολλαπλασιαστική επίδραση</b>	$P_t = Y_t$ $Q_t = L_{t-1}b_{t-1}$ $R_t = L_t/L_{t-1}$ $D_{t+m} = L_t b_t^m$	$P_t = Y_t - S_{t-s}$ $Q_t = L_{t-1}b_{t-1}$ $R_t = L_t/L_{t-1}$ $T_t = Y_t - L_t$ $D_{t+m} = L_t b_t^m + S_{t+m-s}$	$P_t = Y_t/S_{t-s}$ $Q_t = L_{t-1}b_{t-1}$ $R_t = L_t/L_{t-1}$ $T_t = Y_t/L_t$ $D_{t+m} = L_t b_t^m S_{t+m-s}$

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: Ταξινόμηση Pegel (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, pp. 76-77)

Πρέπει να σημειωθεί πως η απλή εκθετική εξομάλυνση είναι στην θέση Α1. Η μέθοδος της διπλής εκθετικής εξομάλυνσης δύο παραμέτρων για γραμμική τάση (Holt's two parameter linear method) βρίσκεται στην θέση Β1, ενώ η μέθοδος για εποχικότητα βρίσκεται στην θέση Α3. Τέλος η μέθοδος για γραμμική τάση και εποχικότητα (Holt-Winter's trend and seasonality method) είναι στην θέση είναι στην θέση Β3. Τα παραπάνω μοντέλα σε συνδυασμό με την μέθοδο αναπροσαρμογής του συντελεστή εξομάλυνσης είναι αυτά που θα εξεταστούν εκτενώς στην παρούσα εργασία. Οι τύποι και οι μεθοδολογίες προέρχονται από τους (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, pp. 56-72).

### 3.4.3.1 ΑΠΛΗ ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ

Είναι η πιο απλή μορφή εκθετικής εξομάλυνσης. Η πρόβλεψη για την επόμενη περίοδο ισούται κάθε φορά με την αμέσως προηγούμενη πρόβλεψη, διορθωμένη κατά το ποσοστό α του σφάλματος στην προηγούμενη πρόβλεψη. Η σχέση είναι:

$$D_{t+1} = D_t + \alpha(Y_t - D_t) \Leftrightarrow D_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)D_t, \mu\epsilon 0 \leq \alpha \leq 1$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.14

Όπου:

$D_{t+1}$ = Η προβλεπόμενη ζήτηση για την περίοδο t+1,

$Y_t$ = Η πραγματική ζήτηση που καταγράφηκε την περίοδο t.

$D_t$ = Η πρόβλεψη ζήτησης για την περίοδο t.

$\alpha$ = Σταθερά εξομάλυνσης

Αποδεικνύεται μαθηματικά με αντικατάσταση πως η πρόβλεψη με την μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης, διαμορφώνεται από όλες της προγενέστερες τιμές της ζήτησης, με βαρύτητα όμως που μειώνεται εκθετικά:

$$D_{t+1} = \alpha Y_t + \alpha(1 - \alpha)Y_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 Y_{t-2} + \dots + \alpha(1 - \alpha)^{t-1} Y_1 + (1 - \alpha)^t D_1$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.15

Στην εκτέλεση αυτής της αναδρομικής μεθόδου απαιτείται μία αρχική τιμή για το  $D_t$ . Συνήθως ως πρώτη πρόβλεψη χρησιμοποιείται η παρατηρηθείσα τιμή της προηγούμενης περιόδου  $Y_t$ . Έπειτα, πρέπει να επιλεγεί η βέλτιστη τιμή για την σταθερά εξομάλυνσης  $\alpha$ . Όσο πιο κοντά στην μονάδα τόσο δίνεται έμφαση στην πιο πρόσφατη τάση και υπάρχει μεγαλύτερη ανταπόκριση στις πρόσφατες μεταβολές της τάσης. Συνήθως επιλέγεται  $\alpha$  τέτοιο ώστε να



ελαχιστοποιείται το μέσο τετραγωνικό σφάλμα ή το μέσο απόλυτο σφάλμα. Για την επίτευξη αυτού, χρήσιμο είναι το εργαλείο «Επίλυση» (Solver) στο «Microsoft Excel».

### 3.4.3.2 ΑΠΛΗ ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ΜΕ ΑΝΑΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $\alpha$

Στην εφαρμογή της προαναφερθείσας μεθόδου υπάρχει αδυναμία στην ανίχνευση και ενσωμάτωση μιας πιθανής γρήγορης μετατόπισης της οριζόντιας συνιστώσας, ιδιαίτερα σε χαμηλές τιμές της σταθεράς εξομάλυνσης. Για το λόγο αυτό, στην μέθοδο αυτή αναπροσαρμόζεται η τιμή της σταθεράς  $\alpha$ . Μαθηματικά ισχύει:

$$D_{t+1} = a_t Y_t + (1 - a_t) D_t, \mu\epsilon 0 \leq a_t \leq 1$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.16

$$a_{t+1} = \left| \frac{A_t}{M_t} \right|$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.17

$$A_t = \beta E_t + (1 - \beta) A_{t-1}, \mu\epsilon 0 \leq \beta \leq 1$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.18

$$M_t = \beta |E_t| + (1 - \beta) M_{t-1}, \mu\epsilon 0 \leq \beta \leq 1$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.19

$$E_t = Y_t - D_t$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.20

Όπου:

$D_{t+1}$ = Η προβλεπόμενη ζήτηση για την περίοδο  $t+1$ ,

$Y_t$ = Η πραγματική ζήτηση που καταγράφηκε την περίοδο  $t$ .

$D_t$ = Η πρόβλεψη ζήτησης για την περίοδο  $t$ .

$a_{t+1}$ = Αναπροσαρμοσμένη τιμή σταθερά εξομάλυνσης  $\alpha$  για την περίοδο  $t+1$ .

$\beta$ =Σταθερά εκθετικής εξομάλυνσης του σφάλματος της μεθόδου πρόβλεψης.

$A_t$  &  $M_t$ = Αριθμητής και παρονομαστής της σχέσης αναπροσαρμογής της τιμής της σταθεράς εξομάλυνσης  $\alpha$

$E_t$ =Σφάλμα την περίοδο  $t$

Στην ουσία η σχέση για τον υπολογισμό της αναπροσαρμοσμένης σταθεράς εξομάλυνσης αποτελεί ένα σήμα ανίχνευσης του σφάλματος της μεθόδου. Έτσι αν παρατηρηθεί σημαντική αύξηση του σφάλματος, θα αυξηθεί αντίστοιχα και το σήμα ανίχνευσης και η τιμή της σταθεράς  $\alpha$ , ώστε η πρόβλεψη να στηριχτεί περισσότερο στις πιο πρόσφατες τιμές. Όπως φαίνεται υπάρχουν αρκετές αναδρομικές σχέσεις για τις οποίες πρέπει να θεωρηθούν κάποιες αρχικές τιμές. Αν θεωρηθεί πως η μέθοδος ξεκινά  $t=1$ , τότε:

- Θεώρηση αρχικής τιμής  $D_2 = Y_1$ .
- Για το  $a_2$  πρέπει να επιλεγεί μια τιμή μεταξύ του 0 και του 1.
- Θεώρηση αρχικής τιμής  $A_2 = Y_2 - D_2 = E_2$ .

- Θεώρηση αρχικής τιμής του  $M_2 = \frac{|A_2|}{\alpha_2}$ .
- Για την βέλτιστη επιλογή του  $\beta$  θα χρησιμοποιηθεί και πάλι το εργαλείο «Επίλυση».

### 3.4.3.3 ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ΓΙΑ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΤΑΣΗ (HOLT'S TWO-PARAMETER LINEAR METHOD)

Η μέθοδος του Holt, υποθέτει πως εκτός από την οριζόντια συνιστώσα υπάρχει και αυτή της τάσης. Η μέθοδος εκτελείται με δύο διαφορετικές τιμές σταθεράς εξομάλυνσης, μία για κάθε συνιστώσα. Πιο συγκεκριμένα η πρόβλεψη σε  $m$  περιόδους υπολογίζεται:

$$D_{t+m} = L_t + b_t m$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.21

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}), \mu\epsilon 0 \leq \alpha \leq 1$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.22

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}, \mu\epsilon 0 \leq \beta \leq 1$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.23

Όπου:

$D_{t+m}$ = Η προβλεπόμενη ζήτηση για την περίοδο  $t+m$ ,

$Y_t$ = Η πραγματική ζήτηση που καταγράφηκε την περίοδο  $t$ .

$L_t$ = Η πρόβλεψη για την οριζόντια συνιστώσα της ζήτησης για την περίοδο  $t$ .

$b_t$ = Η πρόβλεψη για την συνιστώσα της γραμμικής τάσης της ζήτησης για την περίοδο  $t$ .

$\alpha$ =Σταθερά εκθετικής εξομάλυνσης για την οριζόντια συνιστώσα.

$\beta$ =Σταθερά εκθετικής εξομάλυνσης για την συνιστώσα της γραμμικής τάσης.

Στην πράξη για να ξεκινήσει η μέθοδος πρέπει και πάλι να θεωρηθούν αρχικές τιμές. Έτσι για την οριζόντια συνιστώσα  $L_1$  δίνεται η πραγματική τιμή  $Y_1$  στο τέλος της περιόδου  $t=1$ . Ως αρχική τιμή της γραμμικής τάσης θεωρείται  $b_1=Y_2-Y_1$ . Για την πιο αποδοτική επιλογή του  $\alpha$  και  $\beta$  υπάρχει το εργαλείο «Επίλυση» του «Microsoft Excel».

### 3.4.3.4 ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ΜΕ ΕΠΟΧΙΚΟΤΗΤΑ

Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται για χρονοσειρές που εμφανίζουν οριζόντια και εποχιακή συνιστώσα. Χρησιμοποιούμε δύο σταθερές εξομάλυνσης, μία για κάθε περίπτωση. Η εκθετική εξομάλυνση μαθηματικά αποτυπώνεται:

$$D_{t+m} = L_t S_{t-s+m}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.24

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)L_{t-1}, \mu\epsilon 0 \leq \alpha \leq 1$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.25

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s}, \mu\epsilon 0 \leq \gamma \leq 1$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.26

Όπου:

$D_{t+m}$  = Η προβλεπόμενη ζήτηση για την περίοδο  $t+m$ ,

$Y_t$  = Η πραγματική ζήτηση που καταγράφηκε την περίοδο  $t$ .

$L_t$  = Η πρόβλεψη για την οριζόντια συνιστώσα της ζήτησης για την περίοδο  $t$ .

$S_t$  = Ο δείκτης (και όχι απόλυτο μέγεθος) που αντικατοπτρίζει την πρόβλεψη για την συνιστώσα της εποχικότητας για την περίοδο  $t$ .

$\alpha$  = Σταθερά εκθετικής εξομάλυνσης για την οριζόντια συνιστώσα.

$\gamma$  = Σταθερά εκθετικής εξομάλυνσης για την εποχική συνιστώσας.

$s$  = Εύρος εποχικότητας (πχ 12 μήνες ή 4 εποχές του χρόνου)

Για την έναρξη της μεθόδου πρέπει να δοθούν αρχικές τιμές για ένα πλήρες εύρος εποχικότητας  $s$ . Ο συνηθέστερος τρόπος είναι να ξεκινήσει ο υπολογισμός της μέσης τιμής για την διάρκεια των πρώτων  $s$  περιόδων  $\bar{Y}_s = \frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_s}{s}$ . Έτσι οι αρχικές τιμές για τους εποχικούς συντελεστές υπολογίζονται ως  $S_1 = \frac{Y_1}{\bar{Y}_s}$ ,  $S_2 = \frac{Y_2}{\bar{Y}_s}$ , ...,  $S_s = \frac{Y_s}{\bar{Y}_s}$ . Στην συνέχεια υπολογίζεται η αρχική τιμή του  $L_s = \bar{Y}_s$ . Από την περίοδο  $s+1$  ξεκινούν οι υπολογισμοί του αναδρομικού μοντέλου. Για τον υπολογισμό των  $\alpha$  και  $\gamma$  σταθερών, χρησιμεύει και πάλι η «Επίλυση» της «Microsoft Excel»

### 3.4.3.5 ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΤΑΣΗ ΚΑΙ ΕΠΟΧΙΚΟΤΗΤΑ (HOLT – WINTER'S TREND AND SEASONALITY METHOD)

Τελευταίο βασικό μοντέλο εκθετικής εξομάλυνσης αποτελεί αυτό που συνυπολογίζει οριζόντια συνιστώσα, γραμμική τάση και εποχικότητα. Μαθηματικά για χρονικό ορίζοντα  $m$  περιόδων :

$$D_{t+m} = (L_t + b_t m) S_{t-s+m}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.27

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}), \mu\epsilon 0 \leq \alpha \leq 1$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.28

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}, \mu\epsilon 0 \leq \beta \leq 1$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.29

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s}, \mu\epsilon 0 \leq \gamma \leq 1$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.30

Όπου:

$D_{t+m}$  = Η προβλεπόμενη ζήτηση για την περίοδο  $t+m$ ,

$Y_t$ = Η πραγματική ζήτηση που καταγράφηκε την περίοδο  $t$ .

$L_t$ = Η πρόβλεψη για την οριζόντια συνιστώσα της ζήτησης για την περίοδο  $t$ .

$b_t$ = Η πρόβλεψη για την συνιστώσα της γραμμικής τάσης της ζήτησης για την περίοδο  $t$ .

$S_t$ = Ο δείκτης (και όχι απόλυτο μέγεθος) που αντικατοπτρίζει την πρόβλεψη για την συνιστώσα της εποχικότητας για την περίοδο  $t$ .

$\alpha$ =Σταθερά εκθετικής εξομάλυνσης για την οριζόντια συνιστώσα.

$\beta$ =Σταθερά εκθετικής εξομάλυνσης για την συνιστώσα της γραμμικής τάσης.

$\gamma$ =Σταθερά εκθετικής εξομάλυνσης για την εποχική συνιστώσας.

$s$ = Εύρος εποχικότητας (πχ 12 μήνες ή 4 εποχές του χρόνου)

Η διαδικασία εκτέλεσης έχει και πάλι ως πρώτο βήμα την εύρεση αρχικών τιμών για ένα πλήρες εύρος εποχικότητας  $s$  περιόδων. Οπότε υπολογίζεται  $\bar{Y}_s = \frac{Y_1+Y_2+\dots+Y_s}{s}$ . Έτσι  $S_1 = \frac{Y_1}{\bar{Y}_s}$ ,  $S_2 = \frac{Y_2}{\bar{Y}_s}$ , ...,  $S_s = \frac{Y_s}{\bar{Y}_s}$ . Στην συνέχεια θεωρείται αρχική τιμή  $L_s = \bar{Y}_s$ . Για τον υπολογισμό της αρχικής τιμής του υπάρχει η ακόλουθη σχέση  $b_s = \frac{1}{s} \left[ \frac{Y_{s+1}-Y_1}{s} + \frac{Y_{s+2}-Y_2}{s} + \dots + \frac{Y_{s+s}-Y_s}{s} \right]$ . Πρέπει να σημειωθεί πως για την προηγούμενη σχέση πρέπει να είναι διαθέσιμα δεδομένα από  $2s$  περιόδους. Σε περίπτωση που κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό μπορεί να υπολογιστεί ως  $b_s = Y_{s+1} - Y_1$ . Για το  $\alpha$ ,  $\beta$  και  $\gamma$  χρησιμεύει η «Επίλυση».

### 3.5 ΑΙΤΙΟΚΡΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ / ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ - ΑΠΛΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΣΗ

Με τις μεθόδους γραμμικής παλινδρόμησης γίνεται προσπάθεια να συσχετιστεί η υπό πρόβλεψη μεταβλητή με όλες τις μεταβλητές εκείνες που την επηρεάζουν. Έτσι η εξαρτημένη ή υπό πρόβλεψη μεταβλητή  $Y$ , προκύπτει ως συνάρτηση κάποιων ανεξάρτητων μεταβλητών. Δηλαδή :  $F(X_i, \text{ με } i = 1, 2, \dots, n) = Y$ . Τα μοντέλα κατηγοριοποιούνται βάση δύο συνιστωσών, του πλήθους των  $X_i$  που επηρεάζουν το  $Y$  και της μαθηματικής σχέσης που συνδέει το  $Y$  με το κάθε  $X_i$ . Συγκεκριμένα:

- Όταν υπάρχει ένα  $X$  που επηρεάζει το  $Y$ , είναι η περίπτωση της απλής παλινδρόμησης.
- Όταν υπάρχουν πάνω από ένα  $X$  που επηρεάζει το  $Y$ , είναι η μέθοδος της πολλαπλής παλινδρόμησης.
- Αν η σχέση που συνδέει το  $X$  ή τα  $X_i$  με το  $Y$  είναι γραμμική τότε και η παλινδρόμηση ονομάζεται γραμμική.
- Υπάρχει περίπτωση η σχέση που συνδέει το  $X$  ή τα  $X_i$  με το  $Y$  να μην είναι γραμμική, οπότε και η παλινδρόμηση είναι μη γραμμική.

Στην δεδομένη μελέτη περίπτωσης δεν θα χρησιμεύσει κάποια μέθοδος παλινδρόμησης, παρόλα αυτά για την πληρότητα της εργασίας θα αναλυθεί περιληπτικά η πιο απλή μορφή παλινδρόμησης, αυτή της «απλής γραμμικής παλινδρόμησης». Έστω ότι υπάρχει διαθέσιμο ένα ζεύγος  $n$  παρατηρήσεων  $(X_i, Y_i)$ , με  $i=1, 2, \dots, n$ . Όπως αναφέρθηκε  $X$  είναι η ανεξάρτητη μεταβλητή και  $Y$  η εξαρτημένη. Οι μετρήσεις αυτές μπορεί να προέρχονται από μία δεδομένη χρονική περίοδο (διαστρωματικά στοιχεία) ή να αποτελούν αποτελέσματα που εξάχθηκαν σε διάφορες χρονικές περιόδους (παλινδρόμηση με χρονοσειρά). Στην δεύτερη περίπτωση η

ανεξάρτητη μεταβλητή  $X$  είναι ο χρόνος. Θα περιγραφεί η διαδικασία σε 7 βήματα, με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007):

**ΒΗΜΑ 1<sup>ο</sup>:** Θεωρείται πως η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών  $Y$  και  $X$  είναι:

$$Y = \alpha + bX + e \Rightarrow Y_i = \alpha + bX_i + e_i \Rightarrow Y_i = D_i + e_i, \text{ με } i = 1, 2, \dots, n$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.31

Όπου:

$D_i$ = Η προβλεπόμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής.

$Y_i$ = Η πραγματική τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής.

$X_i$ = Η πραγματική τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής.

$\alpha$  &  $b$ = Παράμετροι της γραμμικής σχέσης

$e_i$ = Σφάλμα πρόβλεψης

**ΒΗΜΑ 2<sup>ο</sup> :** Οι εκτιμήτριες των παραμέτρων  $\alpha$  και  $b$  είναι :

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.32

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

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.33

Σε αυτό το σημείο θα εξηγηθεί πως εξετάζεται αν πράγματι συσχετίζονται οι μεταβλητές  $X$  και  $Y$ , αν η σχέση εξάρτησης που έχει θεωρηθεί είναι στατιστικά αξιόπιστη, ποιο είναι το διάστημα εμπιστοσύνης για τις παραμέτρους  $\alpha$  και  $b$  και τέλος πιο είναι το διάστημα εμπιστοσύνης στις προβλέψεις που προκύπτουν.

**ΒΗΜΑ 3<sup>ο</sup> :** Μία σχέση που έχει ήδη αναφερθεί και δείχνει τον βαθμό γραμμικής συσχέτισης δύο μεταβλητών είναι: (αυτή η σχέση δείχνει μόνο αν οι δύο μεταβλητές έχουν γραμμική εξάρτηση)

$$r(X, Y) = \frac{Cov(X, Y)}{S_X S_Y} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.34

Αν:

$r=0$  , τότε οι μεταβλητές δεν συσχετίζονται

$r=1$ , τότε υπάρχει τέλεια θετική συσχέτιση

$r=-1$ , τότε υπάρχει τέλεια αρνητική συσχέτιση

**ΒΗΜΑ 4<sup>ο</sup> :** Στην συνέχεια υπάρχει ο συντελεστής προσδιορισμού. Είναι το τετράγωνο του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της μεταβλητής  $Y$  και της εκτιμήτριας  $D$ . Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής  $Y$  που

ερμηνεύεται από την μεταβλητή  $X$  και την γραμμική παλινδρόμηση. Η μαθηματική σχέση είναι:

$$R^2 = r(Y, D)^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.35

Στην περίπτωση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης ισχύει:

$$R^2 = r(Y, D)^2 = r(X, Y)^2$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.36

Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό αυτό, τόσο μικρότερο το ποσοστό του ανεξήγητος σφάλματος. Γενικά, η συνολική απόκλιση της μεταβλητής  $Y$  από την μέση τιμή της αποτελείται από το ανεξήγητο σφάλμα (η απόκλιση δηλαδή των τιμών της  $Y$  από την γραμμική παλινδρόμησης) και το εξηγούμενο σφάλμα (η απόκλιση δηλαδή που ερμηνεύεται από την γραμμική παλινδρόμησης). Δηλαδή:

$$\begin{aligned} Y_i - \bar{Y} &= (Y_i - D_i) + (D_i - \bar{Y}) \xrightarrow{\text{άθροισμα τετραγώνων}} \\ \Rightarrow \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 &= \sum_{i=1}^n (Y_i - D_i)^2 + \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{Y})^2 + 2 \sum_{i=1}^n (Y_i - D_i)(D_i - \bar{Y}) \Rightarrow \\ &\Rightarrow \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - D_i)^2 + \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{Y})^2 \end{aligned}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.37

Οπότε αποδεικνύεται τελικά πως (σύνολο απόκλισης SST)=(ανεξήγητη απόκλιση SSE) + (απόκλιση από την παλινδρόμηση SSR).

**ΒΗΜΑ 5<sup>ο</sup>** : Σε αυτό το σημείο θα χρησιμοποιηθεί μία συνάρτηση από τον τομέα του στατιστικού ελέγχου υποθέσεων, που θα βοηθήσει πολύ στον έλεγχο του πόσο όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές που περιλαμβάνονται στο μοντέλο, ως σύνολο, συνεισφέρουν στην ερμηνεία της συμπεριφοράς της ανεξάρτητης μεταβλητής  $Y$ . Η συνάρτηση αυτή ονομάζεται  $F_{TEST}$ :

$$F_{TEST} = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{Y})^2 / (m - 1)}{\sum_{i=1}^n (Y_i - D_i)^2 / (n - m)} = \frac{R^2 / (m - 1)}{(1 - R^2) / (n - m)}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.38

Όπου:

$m$ = αριθμός των παραμέτρων της παλινδρόμησης.

$n$ = Το πλήθος του δείγματος.

Η κρίσιμη τιμή της  $F_{TEST}$  βρίσκεται στον (ΠΙΝΑΚΑΣ 37 : Τιμές  $F_{TEST}$  - Οι Τιμές Δημιουργήθηκαν στο Microsoft Excel με την Συνάρτηση FINV(0,05;m-1;n-m)) στο παράρτημα ως

$F_{(0.05,(m-1),(n-m))}$ . Αν η τιμή της  $F_{TEST}$  είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη τιμή τότε το μοντέλο κρίνεται ως στατιστικά αξιόπιστο.

**ΒΗΜΑ 6<sup>ο</sup>** : Είναι σκόπιμο να αναφερθεί πως ο έλεγχος με την συνάρτηση  $F_{TEST}$  στην περίπτωση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης είναι απολύτως ισοδύναμος με τον έλεγχο της μηδενικής υπόθεσης για την παράμετρο  $b$ . Επίσης από τον κλάδο της στατιστικής θεωρείται ως μηδενική υπόθεση  $H_0$  αυτή για την οποία αμφιβάλουμε και εξετάζεται αν ένα τυχαίο δείγμα που δίνεται συνηγορεί στην απόρριψή της, έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης  $H_1$ . Έτσι, ο έλεγχος για τις παραμέτρους  $b$  αλλά και  $a$  γίνεται με βάση την γνωστή συνάρτηση  $t_{TEST}$  ως:

$$t_a = \frac{a}{se_a}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.39

$$t_b = \frac{b}{se_b}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.40

$$se_a = s_e \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{\bar{X}^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.41

$$se_b = s_e \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.42

$$s_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - D_i)^2}{n - 2}}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.43

Η κρίσιμη τιμή για την συνάρτηση  $t_{TEST}$  είναι  $t_{0,05,(n-2)}$  και υπολογίζεται από τον (ΠΙΝΑΚΑΣ 39 : Τιμές  $t_{TEST}$  - Οι Τιμές Δημιουργήθηκαν στο Microsoft Excel με την Συνάρτηση  $TINV(\alpha,n)$ ) στο παράρτημα. Αν λοιπόν οι  $t_a$  και  $t_b$  έχουν μεγαλύτερη τιμή από την κρίσιμη τιμή, αυτό σημαίνει πως οι παράμετροι είναι σημαντικά διαφορετικές από το μηδέν. Έτσι αν  $t_b > t_{0,05,(n-2)}$  σημαίνει πως η τιμή  $b$  από την αρχική υπόθεση κατά πάσα πιθανότητα δεν θα έχει μηδενική τιμή, οπότε και οι 2 μεταβλητές έχουν ισχυρή συσχέτιση ( $Y = a + bX + e$ ). Τελικά είναι 95% σίγουρο πως οι τιμές των παραμέτρων βρίσκονται στο διάστημα τιμών:

$$a = [a - t_{(0.05,(n-2))}se_a, a + t_{(0.05,(n-2))}se_a]$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.44

$$b = [b - t_{(0.05,(n-2))}se_b, b + t_{(0.05,(n-2))}se_b]$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.45

**ΒΗΜΑ 7<sup>ο</sup>** : Η τελική παρουσίαση των αποτελεσμάτων θα γίνει με διάστημα εμπιστοσύνης 95%. Οπότε για οποιαδήποτε νέα τιμή της μεταβλητής  $X$ , που θα συμβολίζεται με  $X_j$  θα

παρουσιάζεται ένα εύρος τιμών και θα είναι 95% σίγουρο πως η τιμή του  $D_j$  θα βρίσκεται μέσα σε αυτό. Έτσι ισχύει:

$$D_j = \left[ (a + bX_j) - t_{(0.05, (n-2))} se_{D_j}, (a + bX_j) + t_{(0.05, (n-2))} se_{D_j} \right]$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.46

$$se_{D_j} = s_e \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_j - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.47

### 3.6 ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΣΤΙΣ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

Για να εξεταστεί αν η εφαρμοζόμενη μέθοδος πληροί τα κριτήρια που απαιτούνται υπάρχουν κάποιοι δείκτες, όπως αναφέρονται στο ακόλουθο πίνακάκι:

<b>ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ</b>	
<b>Σφάλμα πρόβλεψης (error):</b> Το σφάλμα των προβλέψεων μπορεί να μετρηθεί συγκρίνοντας τις προβλέψεις με τις πραγματικές τιμές της ζήτησης.	$e_t = Y_t - D_t$ <p>ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.48</p>
<b>Μέσο σφάλμα:</b> Υπολογίζεται ως ο μέσος όρος των σφαλμάτων όλων των προβλέψεων.	$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$ <p>ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.49</p>
<b>Μέσο απόλυτο σφάλμα (Mean Absolute Error – MAE):</b> Είναι ο μέσος των απόλυτων τιμών των σφαλμάτων. Στην βιβλιογραφία για τα μέτρα σφαλμάτων αναφέρεται και ως MAD. Έχει ήδη δοθεί ο τύπος υπολογισμού του MAD ως ο μέσος των απόλυτων τιμών των αποκλίσεων των παρατηρήσεων από τον μέσο των παρατηρήσεων αυτών. Στην περίπτωση των σφαλμάτων το MAD είναι ο μέσος των απόλυτων τιμών των αποκλίσεων των παρατηρήσεων από την εκάστοτε πρόβλεψη.	$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  e_t $ <p>ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.50</p>
<b>Μέσο τετράγωνο σφάλματος (Mean Square Error - MSE):</b> Μετρά τη διασπορά της κατανομής των σφαλμάτων πρόβλεψης.	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$ <p>ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.51</p>
<b>ΠΟΣΟΣΤΑ</b>	
<b>Ποσοστιαίο σφάλμα (Percentage Error)</b>	$PE_t = \frac{Y_t - D_t}{Y_t} 100$ <p>ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.52</p>
<b>Μέσο ποσοστιαίο σφάλμα (Mean Percentage Error - MPE)</b>	$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t$ <p>ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.53</p>



<p><b>Μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα</b> <b>(Mean Absolute Percentage Error – MAPE)</b></p>	$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  PE_t $ <p>ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.54</p>
---	---

ΠΙΝΑΚΑΣ 8: Αριθμητικά Μέτρα και Ποσοστιαία Αριθμητικά Μέτρα Ακρίβειας στις Προβλέψεις (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, p. 43)

Είναι απαραίτητο να εξετάζονται και να αξιολογούνται οι επιδόσεις των προβλέψεων. Ένα μόνο μέτρο των σφαλμάτων πρόβλεψης δεν παρουσιάζει τις συνολικές διαφορετικές διαστάσεις των σφαλμάτων. Έτσι πρέπει να χρησιμοποιούνται συμπληρωματικά μέτρα σφάλματος (Wallstrom & Segerstedt, 2010). Οι (Silver, et al., 1998) επισημαίνουν: «Κανένα μέτρο δεν είναι καθολικά καλύτερο». Τα πιο κοινά μέτρα είναι η μέση απόλυτη απόκλιση σφάλματος (MAE ή εναλλακτικά MAD) και το μέσο τετράγωνο σφάλματος (MSE). Οι (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, p. 44) αναφέρουν 2 συμπληρωματικές μεθόδους, την Στατιστική U του Theil και την Στατιστική Durbin και Watson. Επίσης οι (Shim & Siegel, 1999, pp. 117-119) παραθέτουν ακόμα δύο, το σήμα επίδοσης και το διάγραμμα ελέγχου. Στο ακόλουθο πινακάκι θα αναφερθούν και τα τέσσερα επιπρόσθετα μέτρα αξιολόγησης σφαλμάτων.

<p><b>Στατιστική U του Theil:</b> Χρησιμοποιείται για την συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ δύο διαφορετικών μεθόδων πρόβλεψη. Αν <math>U=1</math>: Τότε η τιμή της πρόβλεψης για την επόμενη περίοδο είναι ίση με την τρέχουσα τιμή της υπό πρόβλεψη μεταβλητής. Όσο πιο μικρό της μονάδας είναι το U, τόσο καλύτερη η μέθοδος σε σχέση με την απλούστερη (δηλαδή αυτή που θεωρεί ως πρόβλεψη της επόμενης περιόδου την τιμή της τρέχουσας περιόδου).</p>	$U = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n-1} (FPE_{t+1} - APE_{t+1})^2}{\sum_{t=1}^{n-1} (APE_{t+1})^2}}$ <p>ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.55</p>
<p><b>Στατιστική Durbin και Watson:</b> Χρησιμοποιείται για την ανίχνευση ύπαρξης σχέσεων, μεταξύ δύο διαδοχικών σφαλμάτων σε μία μέθοδο πρόβλεψης.</p>	$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}$ <p>ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.56</p> <p>Με <math>DW \cong 2</math>, αν τα διαδοχικά σφάλματα είναι τυχαία</p>
<p><b>Σήματα Επιδόσεων:</b> Αποσκοπεί στην συνολική εξέταση των σφαλμάτων της μεθόδου. Βασίζεται στον υπολογισμό του λόγου συνολικό σφάλμα πρόβλεψης προς το μέσο απόλυτο σφάλμα. Το σήμα επίδοσης συχνά κυμαίνεται από <math>\pm 3</math> έως <math>\pm 8</math>.</p>	$\text{Σήμα επίδοσης} = \frac{\sum_{t=1}^n Y_t - D_t}{MAE}$ <p>ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.57</p>
<p><b>Διαγράμματα ελέγχου:</b> Περιλαμβάνει τον καθορισμό ανώτατων και κατώτατων ορίων για τα μεμονωμένα σφάλματα προβλέψεων. Τις περισσότερες φορές τοποθετούνται στο <math>\pm 3\sqrt{MSE}</math>, όπου MSE το μέσο τετράγωνο σφάλματος.</p>	

ΠΙΝΑΚΑΣ 9 : Μέτρα Αξιολόγησης Προβλέψεων

## **4 ΒΑΣΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ**

#### 4.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Η μοντελοποίηση της διαχείρισης αποθεμάτων είναι ένα πολύπλοκο πρόβλημα, με πολλούς παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όπως αναφέρθηκε στην υποενότητα (1.1). Στο βιβλίο «Διαχείριση Υλικών και Συστήματα Αποθεμάτων» (Tersine, 1979, pp. 12-16) αναφέρονται πέντε βασικοί παράγοντες για την μοντελοποίηση το προβλήματος αποθεμάτων σε έναν οργανισμό:

- **Επαναληπτικότητα Παραγγελίας:** Μια παραγγελία για αποθέματα που γίνεται μία φορά και δεν επαναλαμβάνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα ονομάζεται μεμονωμένη παραγγελία (π.χ. υλικά για την κατασκευή μια συγκεκριμένης παραγγελίας smartphones ή μια εποχιακή παραγγελία για κάτι πολύ συγκεκριμένο). Αντίθετα οι παραγγελίες που λαμβάνουν χώρα με κάποια σταθερή σχετικά συχνότητα ονομάζονται επαναλαμβανόμενες παραγγελίες (π.χ. super market).
- **Πηγή Προμήθειας:** Ένα τμήμα μπορεί να προμηθευτεί τα υλικά που χρειάζεται από έναν εξωτερικό προμηθευτή ή από ένα άλλο τμήμα της εταιρίας. Ο διαχωρισμός αυτός έχει βαρύνουσα σημασία για τον χρονικό προγραμματισμό των διαδικασιών κάθε οργανισμού.
- **Μελλοντική Ζήτηση:** Ο παράγοντας έχει ήδη αναλυθεί στην ενότητα (2.5.2). Στην ουσία διαχωρίζει το αν η μελλοντική ζήτηση είναι γνωστή ή όχι.
- **Χρόνος Παραγγελίας / Χρονική Ανοχή (Lead Time):** Και αυτό το στοιχείο έχει εξηγηθεί ενδελεχώς στην ενότητα (2.5.1).
- **Τύπος Συστήματος Αποθεμάτων :** Παρότι υπάρχουν πολλές πολιτικές και ο τομέας της διαχείρισης αποθεμάτων εξελίσσεται ολοένα και περισσότερο διακρίνονται τρεις βασικοί τύποι συστημάτων. Ο πρώτος αναφέρεται με τον όρο «συστήματα συνεχούς επιθεώρησης». Σε αυτά υπάρχει διαρκής ενημέρωση της κατάστασης των αποθεμάτων και μόλις η στάθμη του αποθέματος φτάσει σε ένα προκαθορισμένο επίπεδο εκδίδεται η παραγγελία. Το δεύτερο αναφέρεται με τον όρο «συστήματα περιοδικής επιθεώρησης», όπου η εντολή για παραγγελία γίνεται σε τακτά προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα. Τέλος, το τρίτο αναφέρεται με τον όρο «MRP – material requirements planning – προγραμματισμού απαιτούμενων υλικών». Στην περίπτωση αυτή παραγγέλνεται κάποιος κωδικός μόνο για να ανταποκριθεί στις εκ των προτέρων προγραμματισμένες απαιτήσεις της παραγωγής.

Προφανώς, η παραπάνω κατηγοριοποίηση του προβλήματος αποθεμάτων δεν είναι η μοναδική. Σκοπός της είναι απαντώντας σε κάθε μία από τις πέντε κατηγορίες να κατασκευαστεί ένα κατάλληλο μαθηματικό μοντέλο το οποίο θα περιγράφει το σύστημα αποθεμάτων ενός οργανισμού (Tersine, 1979). Έτσι, μια εναλλακτική προσέγγιση παρουσιάζεται στο βιβλίο «Διοίκηση Παραγωγικών Συστημάτων» (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007), όπου τα διάφορα μοντέλα διαχείρισης αποθεμάτων αναφέρονται βάσει τριών βασικών παραγόντων. Του «μεγέθους και της πολυπλοκότητας», της «μορφής και της διαχρονική συμπεριφοράς της ζήτησης» και της «πολιτικής επιθεώρησης των αποθεμάτων». Στην συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης θα χρησιμοποιηθεί η κατηγοριοποίηση των (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007). Αναλυτικά οι παράγοντες είναι:

- **Το μέγεθος και η πολυπλοκότητα:** Στην πράξη, πολλά συστήματα διαχειρίζονται πολλά διαφορετικά υλικά (multi-product inventory systems), τα οποία μπορεί να αποθηκεύονται σε πολλά και διαφορετικά γεωγραφικά σημεία αποθήκευσης (multi-echelon inventory systems). Η απλοποίηση των πολύπλοκων αυτών συστημάτων

αποτελεί από μόνη της ένα στοίχημα για κάθε οργανισμό, έτσι ώστε να μπορεί να διαχειρίζεται τα πιο σημαντικά για την λειτουργία της προϊόντα.

- **Η μορφή και η διαχρονική συμπεριφορά της ζήτησης:** Εδώ, η ζήτηση διαφοροποιείται σε δύο στάδια από τα 4 στάδια που αναφέρονται στην υποενότητα (2.5.2). Στο πρώτο στάδιο διαπιστώνεται αν η μορφή της είναι ανεξάρτητη ή εξαρτημένη. Στο δεύτερο στάδιο γίνεται ο διαχωρισμός με βάση το αν η ζήτηση είναι ντετερμινιστική ή στοχαστική.
- **Η πολιτική επιθεώρησης των αποθεμάτων:** Η πιο βασική διαφοροποίηση που συναντάται είναι αυτή της περιοδικής και της συνεχούς επιθεώρησης.

Τα μαθηματικά μοντέλα είναι αδύνατον να περιγράψουν με ακρίβεια μια κατάσταση αλλά ακόμα και στην περίπτωση μιας πολύ καλής προσέγγισης το κόστος κατασκευής πιθανότατα θα υπερβαίνει τα τελικά οφέλη. Έτσι οι αποκλίσεις που συναντώνται σε αυτά, είναι πρακτικά αναπόφευκτες.

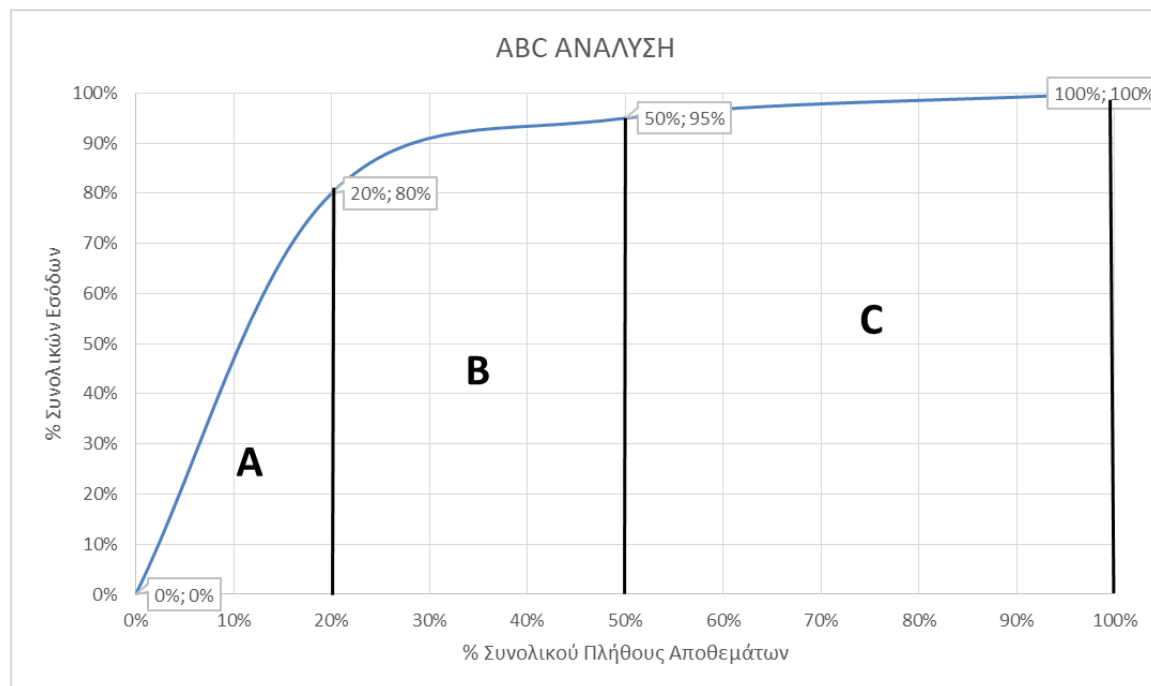
#### 4.1.1 ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΠΟΛΥΠΛΟΚΟΤΗΤΑ - ΑΝΑΛΥΣΗ ABC (ABC ANALYSIS / CLASSIFICATION)

Τα συστήματα με πολλά και διάσπαρτα σημεία αποθήκευσης, που αναφέρθηκαν ακριβώς πριν, είναι αντικείμενο μελέτης της εφοδιαστικής αλυσίδας (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007). Συγκεκριμένα τα υλικά αποθηκεύονται σε ένα κεντρικό σημείο παραγωγής ή παραλαβής σε πρώτο επίπεδο. Σε δεύτερο επίπεδο υπάρχουν εθνικής ή περιφερειακής εμβέλειας αποθήκες σε τρίτο επίπεδο βρίσκονται οι τοπικές αποθήκες κτλ. Σκοπός κάθε επιπέδου είναι να υπάρχουν αποθηκευμένα τα κατάλληλα υλικά έτσι ώστε να ικανοποιείται η τελική ζήτηση. Στην περίπτωση της συγκεκριμένης εργασίας όμως, στόχος είναι η απάντηση στα τρία ερωτήματα που τέθηκαν στο υποκεφάλαιο (1.1). Επομένως, η παρούσα ενότητα αποσκοπεί στην απλούστευση ενός επιπέδου της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι εταιρίες και τα εργοστάσια, ακόμα και όταν είναι μικρά σε μέγεθος, μπορεί να κρατούν εκατοντάδες αποθέματα (Hadi-Vencheh & Mohamadghasemi, 2011). Η αναλυτική παρακολούθηση ακόμη και με χρήση υπολογιστών και λογισμικών συστημάτων πολλές φορές είναι οικονομικά ασύμφορη. Δηλαδή θα χρησιμοποιηθούν τόσοι πολλοί πόροι για την παρακολούθηση εκατοντάδων ή πολλές φορές χιλιάδων ειδών που θα ζημιώσουν τον οργανισμό σε μεγαλύτερη κλίμακα από ότι τελικά θα τον επωφελήσει. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν οι (Kheybari, et al., 2019) «για οργανισμούς που διαχειρίζονται χιλιάδες κωδικούς η ταυτόχρονη παρακολούθησή τους είναι παράλογη». Το πρόβλημα της πολυπλοκότητας παρακολούθησης μιας αποθήκης λύθηκε χάρη στην παρατήρηση ενός Ιταλού οικονομολόγου, του (Pareto, 1971), ότι μέσα σε ένα κοινωνικό σύστημα ένα μεγάλο ποσοστό του πλούτου (80%) αντιστοιχούσε σε ένα πολύ μικρό ποσοστό πληθυσμού (20%). Αντίστοιχα, σε ένα σύστημα αποθεμάτων ένα μικρό ποσοστό των αποθεμάτων αναλογεί σε ένα μεγάλο ποσοστό του τζίρου που αποδίδουν. Η γνώμη αυτή επεκτάθηκε και εξελίχθηκε στην γνωστή ανάλυση ABC (ABC analysis/ ABS classification). Με την μέθοδο αυτή ένα απόθεμα μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε μία από τις ακόλουθες τρεις κατηγορίες (Ching-Wu Chu, et al., 2008):

- **Κατηγορία (A):** Αντιστοιχεί σε μικρό ποσοστό των ειδών του αποθέματος μεγάλης όμως αξίας. Αφορά το 15 - 20% του συνόλου των διάφορων ειδών αποθεμάτων που αντιστοιχεί στο 75 - 80% της συνολικής αξίας των αποθεμάτων. Τα αποθέματα που είναι σε αυτή την κατηγορία θεωρούνται τα πιο σημαντικά για τον οργανισμό.
- **Κατηγορία (B):** Αναλογεί στο 30-40% των κωδικών αποθεμάτων που αντιστοιχεί στο 15% της αξίας του αποθέματος. Η σημασία των κωδικών αυτής της κατηγορίας κυμαίνεται μεταξύ της κατηγορίας A και C.

- **Κατηγορία (C):** Περιλαμβάνει το 40- 50% των κωδικών αποθεμάτων που αντιστοιχούν στο 10 - 15% ης αξίας του αποθέματος. Είναι τα λιγότερο σημαντικά αγαθά για τον οργανισμό.

Η σχηματική αναπαράσταση της ABC ανάλυσης με κριτήριο τον ετήσιο τζίρο είναι:



ΣΧΗΜΑ 3: ABC Ανάλυση (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007)

Επίσης, η διαδικασία με την οποία θα κατηγοριοποιείται ένας κωδικός σε μία από τις παραπάνω κατηγορίες περιγράφεται παρακάτω:

- Γίνεται καταγραφή όλων των κωδικών που πωλήθηκαν μέσα σε ένα μεγάλο χρονικό διάστημα (π.χ. ένας χρόνος).
- Έτσι, αναγράφεται η ετήσια ζήτηση και τα έσοδα κάθε κωδικού.
- Υπολογίζονται τα συνολικά έσοδα όλων των αποθεμάτων για αυτόν τον χρόνο.
- Υπολογίζεται το ποσοστό των ετήσιων εσόδων κάθε κωδικού ξεχωριστά με βάση τα συνολικά ετήσια έσοδα όλων των αποθεμάτων για αυτόν τον χρόνο.
- Γίνεται κατηγοριοποίηση του κάθε κωδικού, βάση των ποσοστών συνολικών εσόδων που αναφέρθηκαν πριν για την κάθε κατηγορία.

Στην ουσία αυτή η αρχική παρατήρηση του Vilfredo Pareto οδήγησε στην απλοποίηση όλων των αποθηκών. Πιο συγκεκριμένα απαραίτητη κρίνεται μόνο η μελέτη των «Α» κρίσιμων για την εταιρία αγαθών. Τα υλικά που ανήκουν στην ομάδα «B» είναι σημαντικά για την λειτουργία της επιχείρησης, όμως γίνεται διαχωρισμός για το αν ή ποια από αυτά θα επιθεωρούνται. Τέλος τα προϊόντα κατηγορίας «C» δεν είναι κρίσιμα για την λειτουργία του οργανισμού και δεν χρήζουν μοντελοποίησης. Αυτές οι ταξινομήσεις μπορεί να μην είναι πάντα ακριβείς στη πραγματικότητα, αλλά έχει βρεθεί ότι είναι κοντά στα δεδομένα των εταιριών με αξιοσημείωτη ακρίβεια (Swamidass, 2000).

Τέλος, έχουν γίνει πολλές επεκτάσεις της κλασσικής ABC κατηγοριοποίησης ενός κριτηρίου που αναφέρθηκε. Στην δημοσίευση του (Liin, 2006) αναφέρεται πως, χρησιμοποιώντας μόνο ένα κριτήριο για τη λήψη αποφάσεων, σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να οδηγήσει σε

λανθασμένη διαχείριση. Πράγματι, έχουν προταθεί πολλοί άλλοι παράγοντες εκτός της αξίας του αποθέματος, όπως η διαθεσιμότητα, η κρισιμότητα, η έλλειψη, η απαρχαίωση, η δυνατότητα υποκατάστασης, ο χρόνος παράδοσης και το μέσο κόστος μονάδας. (Flores & Whybark, 1986) , (Flores & Whybark, 1987) & (Flores, et al., 1992). Μέχρι τώρα έχουν δημοσιευθεί ακόμα περισσότερα συστήματα κατηγοριοποίησης βασισμένα στην κλασική ABC ανάλυση, παρόλα αυτά, πολλές εταιρίες, εξακολουθούν να χρησιμοποιούν την απλή και κλασική μέθοδο (Zhang, et al., 2001).

#### **4.1.2 ΜΟΡΦΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΖΗΤΗΣΗ**

Αν και ο παράγοντας αυτός έχει ήδη εξηγηθεί σε προηγούμενη ενότητα (2.5.2), εδώ η διαδικασία θα εξηγηθεί πιο διεξοδικά. Αρχικά, ο οργανισμός πρέπει να αποφανθεί για το αν η ζήτηση είναι εξαρτημένη ή ανεξάρτητη. Αν η ζήτηση είναι εξαρτημένη τότε είναι συνάρτηση γνωστών γεγονότων και γενικά δεν είναι τυχαία (Bowersox, et al., 2002) . Σε αυτή την περίπτωση η πιο διαδεδομένη μέθοδος είναι τα συστήματα MRP (Materials Requirements Planning - Προγραμματισμού των Απαιτούμενων Υλικών) (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007). Για λόγους πληρότητας της εργασίας θα αναφερθεί και μία διαφορετική σύγχρονη προσέγγιση συστημάτων εξαρτημένης ζήτησης, αυτή των συστημάτων Just-In-Time (JIT) (Muller, 2011). Αν η ζήτηση είναι ανεξάρτητη τότε μπορεί να είναι είτε ντετερμινιστική, δηλαδή γνωστή, είτε στοχαστική, δηλαδή τυχαία. Στην απόφαση που καλείται να πάρει ένας οργανισμός, αν μπορεί να υπολογίσει με σχετική βεβαιότητα την επερχόμενη ζήτηση θα επιλέξει ένα σύστημα με καθοριστική συμπεριφορά ζήτησης. Από την άλλη πλευρά, αν η ζήτηση είναι δύσκολο ή δεν μπορεί να εκτιμηθεί, θα οδηγηθεί στην μελέτη ενός συστήματος με στοχαστική συμπεριφορά ζήτησης. Στα στοχαστικά συστήματα πολλές φορές είναι δυνατόν να προσδιοριστεί η κατανομή πιθανοτήτων. Συχνά σε αυτά τα συστήματα γίνεται η παραδοχή πως η ζήτηση ακολουθεί κάποια τυποποιημένη κατανομή πιθανοτήτων, όπως η κανονική, η Poisson και η διωνυμική (Tersine, 1979).

#### **4.1.3 ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ**

Στην πράξη συναντώνται συστήματα συνεχούς επιθεώρησης και συστήματα περιοδικής επιθεώρησης (ERU-NTUA). Στα συστήματα συνεχούς επιθεώρησης ή συστήματα σταθερής ποσότητας παραγγελίας (συστήματα Q), η στάθμη του αποθέματος παρακολουθείται συνεχώς και η έκδοση σταθερής και προκαθορισμένης ποσότητας παραγγελίας εκτελείται όταν η στάθμη του αποθέματος φτάσει μία προκαθορισμένη τιμή, που ονομάζεται στάθμη παραγγελίας. Στα συστήματα περιοδικής επιθεώρησης ή σταθερού χρόνου επιθεώρησης (συστήματα T), η στάθμη του αποθέματος ελέγχεται περιοδικά σε προκαθορισμένες και ίσες μεταξύ τους περιόδους επιθεώρησης( πχ. Κάθε 1ή του μήνα). Συγκρίνοντας τους δύο βασικούς τρόπους επιθεώρησης ισχύει πως (Βλάχος, 2005):

- Η συνεχής επιθεώρηση δίνει πιο έγκαιρη πληροφόρηση και αυτό οδηγεί σε μείωση του κόστους διαχείρισης και σε καλύτερη εξυπηρέτηση (λιγότερες ελλείψεις) με το ίδιο απόθεμα σε σχέση με ένα σύστημα περιοδικής επιθεώρησης.
- Στην περιοδική επιθεώρηση, υπάρχει δυνατότητα συντονισμού παραγγελιών πολλών προϊόντων.
- Στην περιοδική επιθεώρηση, είναι ευκολότερη η ανίχνευση φαινομένων παλαίωσης ή απωλειών.

Σύμφωνα με το άρθρο «Επιλογή ενός περιοδικού ή διαρκούς συστήματος απογραφής 2020» (Routes to Finance.com), οι τύποι επιχειρήσεων που χρησιμοποιούν το σύστημα περιοδικού αποθέματος περιλαμβάνουν εταιρείες που πωλούν σχετικά λίγες μονάδες αποθέματος κάθε

μήνα, όπως γκαλερί τέχνης και αντιπροσωπείες αυτοκινήτων. Επιπλέον, οι μικρότερες εταιρείες που δεν έχουν το προσωπικό να συνεργάζεται με ένα διαρκές σύστημα χρησιμοποιούν συχνά το σύστημα περιοδικού αποθέματος έως ότου φτάσουν σε ένα σημείο όπου τα οφέλη ενός διαρκούς συστήματος απογραφής υπερτερούν του κόστους εγκατάστασης του συστήματος. Τα συστήματα διαρκούς απογραφής περιλαμβάνουν περισσότερη τήρηση αρχείων από τα συστήματα περιοδικών αποθεμάτων, η οποία πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας εξειδικευμένο, αυτοματοποιημένο λογισμικό. Επίσης, παρέχουν στον ιδιοκτήτη της επιχείρησης ένα αρχείο λεπτομερών συναλλαγών πώλησης ανά είδος, συμπεριλαμβανομένου του πού, του πότε και σε ποια τιμή πωλήθηκαν αντικείμενα. Ως αποτέλεσμα, οι επιχειρήσεις μπορούν να έχουν αποθέματα σε περισσότερες από μία φυσικές τοποθεσίες, διατηρώντας παράλληλα ένα κεντρικό σύστημα διαχείρισης αποθέματος. Στο ίδιο άρθρο (Routes to Finance.com), επισημαίνεται πως οι μεγάλες επιχειρήσεις έχουν συνήθως συστήματα διαρκούς απογραφής και όχι συστήματα περιοδικών αποθεμάτων, λόγω του μεγάλου όγκου συναλλαγών αποθέματος και της μηχανογραφημένης φύσης των υπόλοιπων χρηματοοικονομικών και λογιστικών συστημάτων τους.

#### **4.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΜΕ ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ (ΝΤΕΤΕΡΜΙΝΙΣΤΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ)**

Σε αυτή την ενότητα θα αναφερθούν συστήματα ανεξάρτητης ζήτησης με καθοριστική συμπεριφορά συνεχούς (4.2.1) ή περιοδικής (4.2.2) επιθεώρησης.

##### **4.2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΜΕ ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ – ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ**

Στην υποενότητα αυτή θα εξεταστούν βασικά συστήματα ανεξάρτητης ζήτησης με καθοριστική συμπεριφορά, συνεχούς επιθεώρησης. Πρέπει να επισημανθεί πως η ζήτηση θεωρείται γνωστή και ο ρυθμός μείωσης του αποθέματος σταθερός. Επίσης, γνωστός και σταθερός θεωρείται ο χρόνος  $t_L$  που απαιτείται για την εκτέλεση μιας παραγγελίας. Όλα τα επιμέρους κόστη ( $C$ ,  $C_{OR}$ ,  $hC$ ,  $C_{ST}$ ) δίνονται ως δεδομένα για την επίλυση του προβλήματος της ελαχιστοποίησης του συνολικού κόστους. Με αυτά ως παραδοχές, πρέπει να απαντηθούν για κάθε σύστημα συνεχούς επιθεώρησης οι δύο ερωτήσεις:

- «Πότε θα εκδοθεί η παραγγελία;» και
- «Ποια θα είναι η ποσότητα παραγγελίας;»

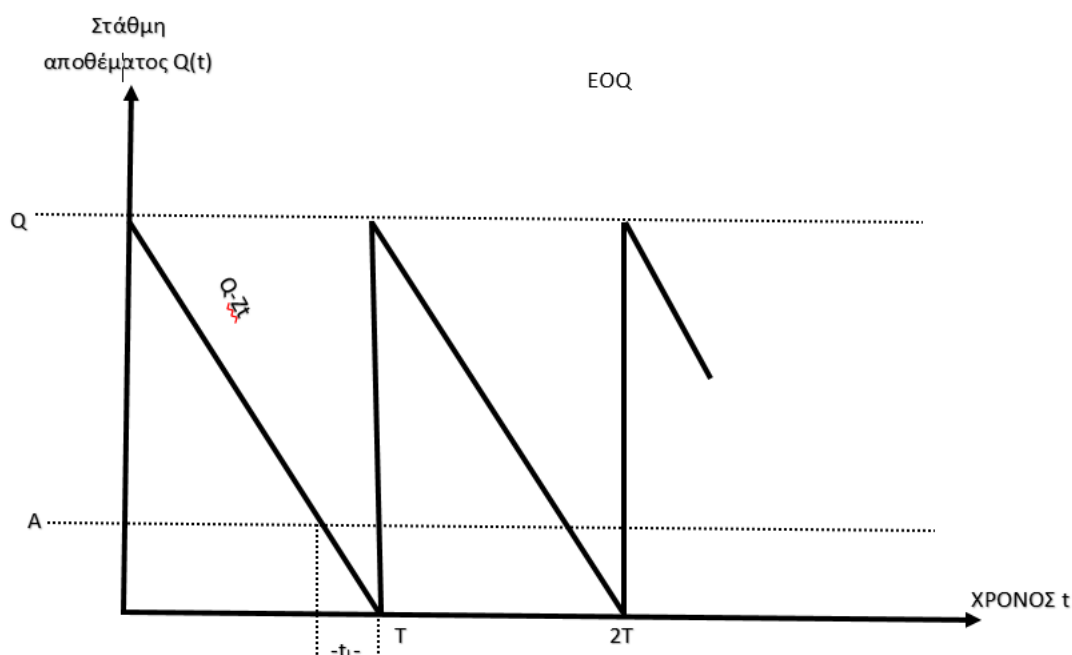
#### 4.2.1.1 ΒΑΣΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ (EOQ – ECONOMIC ORDER QUANTITY) – ΕΝΑ ΕΙΔΟΣ

Θεωρείται πως την στιγμή  $t=0$  υπάρχει η ποσότητα  $Q$  σαν απόθεμα. Όπως αναφέρθηκε η ζήτηση είναι σταθερή μέσα στον χρόνο, έτσι η στάθμη αποθέματος σε κάθε κύκλο χρόνου  $T$  υπολογίζεται με την σχέση  $Q(t) = Q - Zt$ , όπου  $Z$  είναι η ετήσια ζήτηση και  $t$  ο χρόνος σε έτη. Κάποια στιγμή μετά από χρόνο  $t=T$  η στάθμη του αποθέματος θα φτάσει στο μηδέν. Επίσης, για το σύστημα θεωρείται γνωστό και σταθερό το χρονικό διάστημα  $t_i$  ικανοποίησης μιας παραγγελίας (είναι ανεξάρτητο της ποσότητας παραγγελίας). Ως κρίσιμη στάθμη αποθέματος  $A$ , θεωρείται η τιμή της συνάρτησης  $Q(t)$ , για την οποία μετά από χρόνο  $t_i$  η συνάρτηση  $Q(t)$  θα μηδενιστεί. Πρακτικά είναι η κρίσιμη τιμή που αναγνωρίζει το σύστημα έτσι ώστε να γίνει παραγγελία ποσότητας  $Q$ . Έτσι την χρονική στιγμή  $t=T$  θα είναι έτοιμη στα ράφια της αποθήκης η ποσότητα  $Q$  και η στάθμη αποθέματος θα γίνει και πάλι ίση με την τιμή  $Q$ . Όλα τα παραπάνω φαίνονται ξεκάθαρα στο (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: Βασικό Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας (EOQ – Economic Order Quantity) (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007)). Στην βασική EOQ δεν παρέχονται εκπτώσεις λόγω μεγάλης ποσότητας από τους προμηθευτές και δεν επιτρέπονται οι ελλείψεις (Shim & Siegel, 1999, p. 315). Στόχος του συστήματος είναι ο προσδιορισμός των τιμών  $A$  (Απάντηση στο ερώτημα: «πότε πρέπει να γίνει η παραγγελία;») και  $Q$  (Απάντηση στο ερώτημα: «πόσο πρέπει να παραγγελθεί;»), έτσι ώστε το συνολικό ετήσιο κόστος διαχείρισης να παίρνει την ελάχιστη τιμή του. Το συνολικό ετήσιο κόστος διαχείρισης δίνεται από :

$$C_T = \left(\frac{Z}{Q}\right) C_{OR} + \left(\frac{Q}{2}\right) hC + C_E$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.1

$$C_{\Pi} = \left(\frac{Z}{Q}\right) C_{OR} \rightarrow \text{ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ}$$



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: Βασικό Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας (EOQ – Economic Order Quantity) (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007)



$$C_A = \left(\frac{Q}{2}\right) hC \rightarrow \text{ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ}$$

$$C_E = 0 \text{ (ΑΠΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ)} \rightarrow \text{ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΛΛΕΙΨΗΣ}$$

Οι προηγούμενες σχέσεις κόστους προκύπτουν από τον σχεδιασμό του συστήματος. Έτσι, το ετήσιο κόστος παραγγελιών ισούται με τον αριθμό των παραγγελιών επί το κόστος κάθε παραγγελίας. Το ετήσιο κόστος διατήρησης υπολογίζεται ως το κόστος διατήρησης του μέσου όρου της στάθμης αποθεμάτων και το κόστος έλλειψης είναι ίσο με μηδέν. Για να υπολογιστεί η πιο αποδοτική τιμή ποσότητας παραγγελίας  $Q_0$ , πρέπει να υπολογιστεί η πρώτη παράγωγος ως προς  $Q$  της σχέσης  $C_T$ . Έτσι:

$$C_T = \left(\frac{Z}{Q}\right) C_{OR} + \left(\frac{Q}{2}\right) hC \xrightarrow{\text{πρωτη παράγωγος}=0} Q_0 = \pm \sqrt{\frac{2ZC_{OR}}{hC}}$$

Υπολογίζοντας την δεύτερη παράγωγο ισούται με  $2Q^{-4}ZC_{OR}$ . Αυτό το μέγεθος είναι θετικό και έτσι το  $Q_0$  που υπολογίστηκε πριν, αποτελεί την τιμή του  $Q$  που ελαχιστοποιεί την συνάρτηση  $C_T$ . Τέλος εξ' ορισμού η ποσότητα παραγγελίας δεν είναι αρνητικό μέγεθος οπότε από τις δύο ρίζες μένει η τελική τιμή που ελαχιστοποιεί την συνάρτηση κόστους:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2ZC_{OR}}{hC}}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.2

Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών παραλαβών είναι:

$$T_0 = \left(\frac{Q_0}{Z}\right)$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.3

Η στάθμη παραγγελίας ισούται:

$$A = Zt_L$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.4

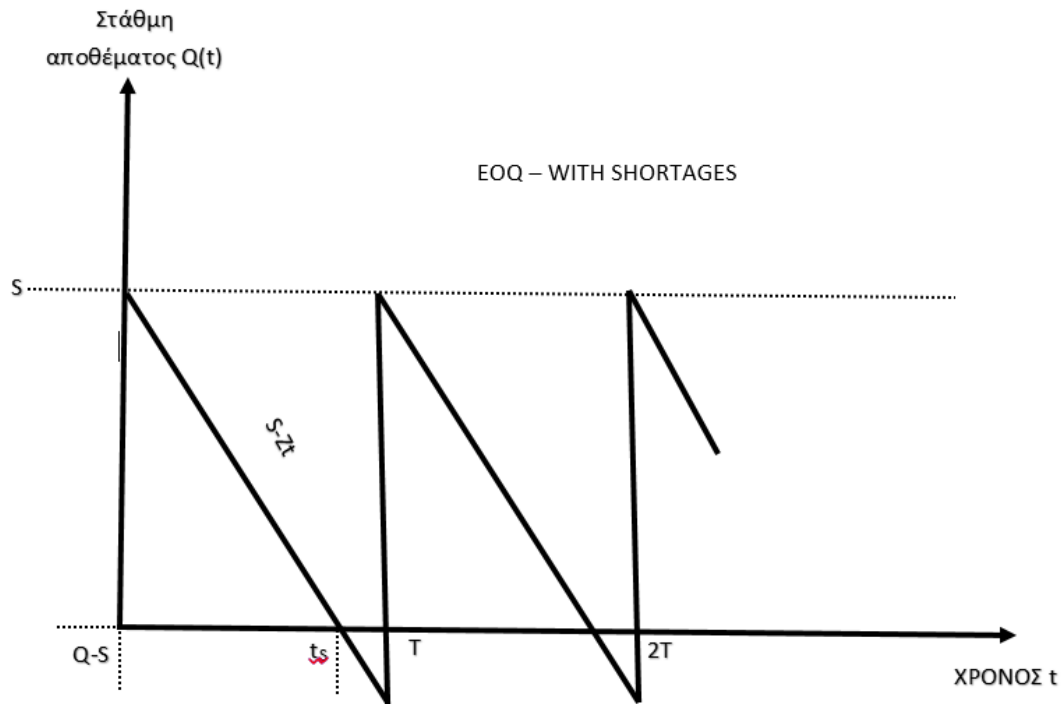
#### 4.2.1.2 ΒΑΣΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ (EOQ – ECONOMIC ORDER QUANTITY) – ΠΟΛΛΑ ΕΙΔΗ

Είναι προφανές πως σε ένα σύστημα αποθεμάτων ακόμα και μετά την ταξινόμηση ABC θα υπάρχουν περισσότερα από ένα είδη για τα οποία πρέπει να η οικονομική ποσότητα παραγγελία. Ο προσδιορισμός της EOQ έγκειται στην μοναδικότητα και στην ανεξαρτησία των ειδών που απαρτίζουν τα αποθέματα. Έτσι καθορίζοντας την EOQ για κάθε είδος ξεχωριστά ευρίσκεται η βέλτιστη πολιτική σταθερής ποσότητας παραγγελίας για το συνολικό απόθεμα (Tersine, 1979, p. 86).

Καταλαβαίνει κανείς πως σε ένα πολύπλοκο σύστημα η στάθμη του στοκ πρέπει να ανανεώνεται άμεσα. Για αυτό στις αποθήκες είναι απαραίτητα τα συστήματα άμεσης πληροφόρησης (realtime H/Y).

**4.2.1.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ – ΜΕΡΟΣ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΙΚΑΝΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΜΕ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ (EOQ – WITH SHORTAGES)**

Μία από τις παραδοχές του βασικού μοντέλου EOQ είναι ότι δεν επιτρέπονται ελλείψεις και ανεκτέλεστες παραγγελίες (backorders – παραγγελίες που ικανοποιούνται με καθυστέρηση). Ωστόσο, θα υποθεθεί ότι όλες οι απαιτήσεις που δεν ικανοποιούνται λόγω της έλλειψης αποθέματος μπορούν να παραγγελθούν και να παραδοθούν αργότερα στον πελάτη. Έτσι, όλη η ζήτηση ικανοποιείται τελικά. Όλες οι άλλες παραδοχές είναι ίδιες με αυτές της βασικής EOQ. Το μοντέλο EOQ με ελλείψεις απεικονίζεται παρακάτω:



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας – Μέρος της Ζήτησης Ικανοποιείται με Καθυστέρηση (EOQ – With Shortages) (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007)

Θεωρείται πως την χρονική στιγμή  $t=0$  υπάρχει  $S$  ποσότητα αποθέματος. Η στάθμη του αποθέματος υπολογίζεται για κάθε κύκλο  $T$  ως  $Q(t) = S - Zt$ , όπου  $Z$  είναι η ετήσια ζήτηση και  $t$  ο χρόνος σε έτη. Σε αντίθεση με την προηγούμενη μέθοδο η  $Q(t)$  ικανοποιεί την ζήτηση μέχρι να μηδενιστεί (την χρονική στιγμή  $t_s$ ) και το αρνητικό της τμήμα εκδηλώνει την καθυστέρηση ικανοποίησης της ζήτησης, που θα διεκπεραιωθεί με την αμέσως επόμενη παραλαβή της ποσότητας  $Q$ . Ο στόχος τώρα είναι να προσδιοριστούν η ποσότητα παραγγελίας  $Q$ , η μέγιστη τιμή της ποσότητας  $Q-S$  που ικανοποιείται με καθυστέρηση και η ποσότητα της στάθμης  $A$ , έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το συνολικό κόστος. Υπό αυτές τις συνθήκες το συνολικό ετήσιο κόστος διαχείρισης είναι:

$$C_T = \left(\frac{Z}{Q}\right) C_{OR} + \left(\frac{S^2}{2Q}\right) hC + \frac{(Q - S)^2}{2Q} C_{ST}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.5

$$C_{\Pi} = \left(\frac{Z}{Q}\right) C_{OR} \rightarrow \text{ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ}$$

$$C_A = \left(\frac{S^2}{2Q}\right)hC \rightarrow \text{ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ}$$

$$C_E = \frac{(Q-S)^2}{2Q}C_{ST} \rightarrow \text{ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΛΛΕΙΨΗΣ}$$

Το κόστος  $C_{ST}$  θεωρείται ως δεδομένη τιμή στο σύστημα και πρέπει να αποδίδεται κάθε φορά ως το κόστος έλλειψης ανά μονάδα αποθέματος για την εξεταζόμενη χρονική περίοδο (εδώ 1 έτος). Το ετήσιο κόστος έλλειψης  $C_E$  είναι ίσο με το μέσο απόθεμα που μας λείπει σε έναν κύκλο λειτουργίας επί το χρονικό ποσοστό που συμβαίνει αυτό μέσα σε έναν κύκλο λειτουργίας επί το γνωστό μοναδιαίο ετήσιο κόστος έλλειψης  $C_{st}$ . Το μέσο απόθεμα που δεν ικανοποιείται άμεσα είναι  $(Q-S)/2$  για το χρονικό διάστημα  $T-t_s$ . Επίσης από τις υποθέσεις προκύπτει πως  $(T-t_s)/T = (Q-S)/Q$ . Έτσι, το γινόμενο μέσο «ανικανοποίητο» απόθεμα για ένα κύκλο λειτουργίας επί χρονικό ποσοστό είναι ίσο με  $(Q-S)^2/2Q$ . Με την ίδια μεθοδολογία υπολογίζεται το ετήσιο κόστος διατήρησης. Έτσι το μέσο απόθεμα που διατηρείται είναι  $S/2$  στην διάρκεια του χρόνου  $t_s$ . Επειδή  $t_s/T = S/Q$ , ισχύει  $(S/2)(t_s/T) = (S/2)(S/Q) = S^2/2Q$ . Υπό αυτό το πρίσμα, η ποσότητα παραγγελίας  $Q_0$  και η ποσότητα που ικανοποιείται χωρίς καθυστέρηση  $S_0$  για τις οποίες το  $C_T$  είναι ελάχιστο, προκύπτουν από την ρίζα των δύο πρώτων μερικών παραγώγων ως:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2ZC_{OR}}{hC}} \sqrt{\frac{hC + C_{ST}}{C_{ST}}}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.6

$$S_0 = \sqrt{\frac{2ZC_{OR}}{hC}} \sqrt{\frac{C_{ST}}{hC + C_{ST}}}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.7

Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα σε δύο διαδοχικές παραγγελίες ισούται με:

$$T_0 = \frac{Q_0}{Z}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.8

Και η στάθμη  $A$  που υποδεικνύει την στιγμή που πρέπει να γίνει παραγγελία είναι:

$$A = Zt_L - \sqrt{\frac{2ZC_{OR}}{C_{ST}}} \sqrt{\frac{hC}{hC + C_{ST}}}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.9

Πρέπει να αναφερθεί πως η προγραμματισμένη έλλειψη κάποιας ποσότητας αποθέματος μπορεί να είναι όχι μόνο αποδεκτή αλλά και οικονομικά συμφέρουσα. Αυτός είναι ένας παράγοντας που θα πρέπει να εξετάζεται από κάθε οργανισμό, καθώς η άμεση εξυπηρέτηση των πελατών στην σύγχρονη εποχή είναι πολύ σημαντική.

#### 4.2.1.4 ΕΟQ – ΕΚΠΤΩΣΕΙΣ ΛΟΓΩ ΑΓΟΡΑΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ

Πολλοί προμηθευτές, με σκοπό να αυξήσουν τις πωλήσεις, εφαρμόζουν μια εκπτωτική πολιτική στους πελάτες τους. Με λίγα λόγια, μειώνουν το μοναδιαίο κόστος  $C$  με αντάλλαγμα

μια μεγαλύτερη ποσότητα παραγγελίας  $Q$ . Αυτό σημαίνει, πως ένας οργανισμός αγοράζοντας από μία ποσότητα και πάνω θα επωφεληθεί της έκπτωσης. Αν η ΕΟQ που έχει υπολογιστεί είναι μεγαλύτερη ή ίση από την προαναφερθείσα ποσότητα τότε απλώς ο οργανισμός θα έχει λιγότερα έξοδα από αυτά που είχε υπολογίσει. Τι γίνεται στην περίπτωση όμως που η ΕΟQ είναι μικρότερη από αυτή την ποσότητα; Πρέπει ή όχι ο οργανισμός να παραγγέλνει περισσότερο; Σε σύγκριση με την βασική ΕΟQ, η μόνη διαφοροποίηση στις υποθέσεις είναι πως τώρα αφήνεται το ενδεχόμενο για εκπτώσεις από τους προμηθευτές. Στόχος του συγκεκριμένου είναι η συνολική μείωση του ετήσιου κόστους. Συνολικά, το κόστος διαχείρισης στην περίπτωση που το κόστος απόκτησης εξαρτάται από την ποσότητα  $Q$  είναι:

$$C_T = ZC(Q) + \left(\frac{Z}{Q}\right)C_{OR} + \left(\frac{Q}{2}\right)hC(Q) + C_E$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.10

$$C_A = ZC(Q) \rightarrow \text{ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΚΤΗΣΗΣ}$$

$$C_{II} = \left(\frac{Z}{Q}\right)C_{OR} \rightarrow \text{ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ}$$

$$C_{\Delta} = \left(\frac{Q}{2}\right)hC(Q) \rightarrow \text{ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ}$$

$$C_E = 0 \text{ (ΑΠΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ)} \rightarrow \text{ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΛΛΕΙΨΗΣ}$$

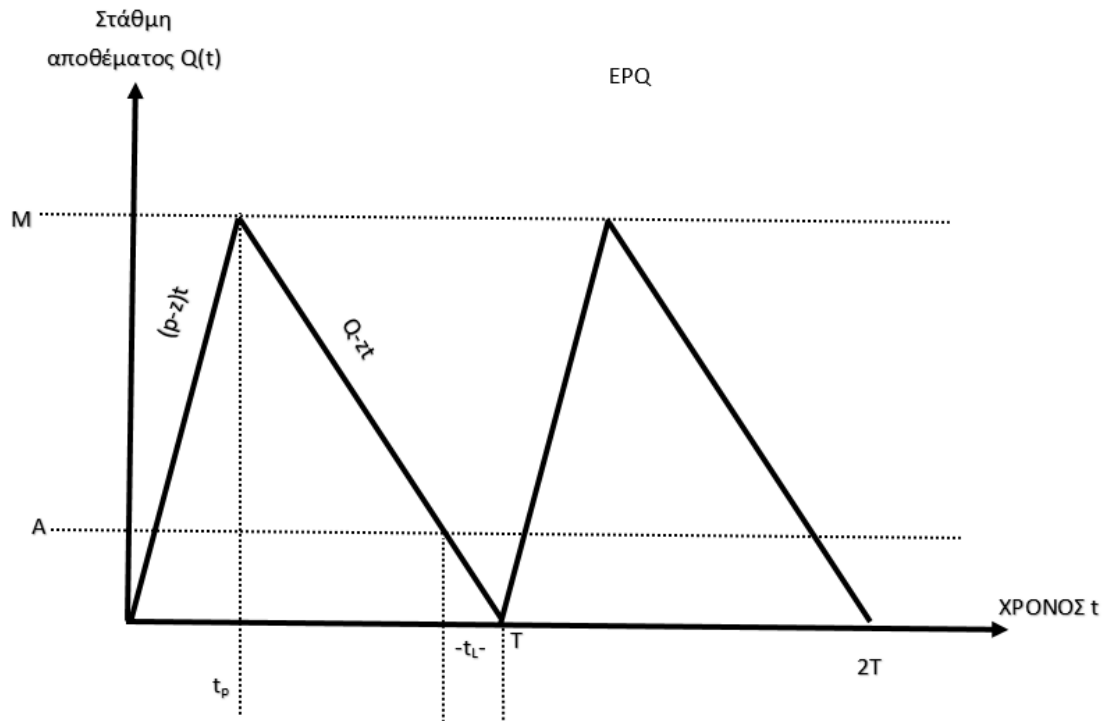
Όπου  $C(Q)$  είναι το μοναδιαίο κόστος απόκτησης και αποτελεί συνάρτηση της ποσότητας  $Q$  που παραγγέλλεται. Πρέπει και πάλι να υπολογιστεί η ποσότητα παραγγελίας  $Q$ , με την οποία ελαχιστοποιείται το  $C_T$ . Έτσι όμως, η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας που ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος ευρίσκεται μέσα από πολύπλοκες μαθηματικές σχέσεις. Για τον λόγο αυτό, προτιμάται συνήθως να αναλύεται κάθε περιοχή τιμών που δίνεται από τον προμηθευτή ξεχωριστά και ο οργανισμός να καταλήγει στην πιο συμφέρουσα λύση. Η μέθοδος θα γίνει ξεκάθαρη με τα ακόλουθα βήματα που προτείνονται από τον (Tersine, 1979, pp. 88-89) :

- Υπολογίζεται το συνολικό ετήσιο κόστος για κάθε κρίσιμη τιμή της ποσότητας  $Q$ . Ως κρίσιμη τιμή ονομάζεται η ποσότητα μετά από την οποία μειώνεται η τιμή μονάδας.
- Υπολογίζεται η ΕΟQ για κάθε τιμή απόκτησης μονάδας αποθέματος και το  $C_T$  για κάθε έγκυρη ΕΟQ. Μια ΕΟQ είναι άκυρη αν η ποσότητα που θα βγει δεν ικανοποιεί την αρχική συνθήκη της έκπτωσης.
- Συγκρίνονται τα αποτελέσματα και επιλέγεται η ποσότητα παραγγελίας που τελικά ελαχιστοποιεί το συνολικό ετήσιο κόστος διαχείρισης από την (ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.10).

#### 4.2.1.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ – Η ΖΗΤΗΣΗ ΙΚΑΝΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (ECONOMIC PRODUCTION QUANTITY - EPQ OR ECONOMIC LOT SIZE - ELS)

Σε αυτό το μοντέλο, η αναπλήρωση του αποθέματος γίνεται κάθε φορά με μια σταθερή ποσότητα  $Q$ , που παραλαμβάνεται με κάποιον συνεχή ρυθμό στην διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος  $t_p$ . Ο κύκλος λειτουργίας της μεθόδου έχει δύο μέρη, όπως φαίνεται και στο σχήμα 6. Στο πρώτο μέρος και για χρονικό διάστημα  $t_p$  το σύστημα βρίσκεται στην διαδικασία παραγωγής της ποσότητας  $Q$ , ενώ παράλληλα ικανοποιεί την ζήτηση. Για να έχει ισχύ η μέθοδος πρέπει ο ρυθμός παραγωγής  $p$  να είναι μεγαλύτερος από τον ρυθμό ανάλωσης  $z$

του αποθέματος. Στο δεύτερο μέρος και για χρονικό διάστημα  $T-t_p$ , η παραγωγή έχει σταματήσει και η ζήτηση ικανοποιείται μόνο από το διαθέσιμο απόθεμα. Να τονιστεί πως  $p$  και  $z$  πρέπει να είναι εκφρασμένα στην ίδια μονάδα χρόνου και γενικά πρέπει να υπάρχει χρονική συνέπεια μεταξύ των σχέσεων.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3: Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας – Η Ζήτηση Ικανοποιείται από Παραγωγή (EPQ – Economic Production Quantity or ELS - Economic Lot Size) (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007)

Εξ' ορισμού ο ρυθμός παραγωγής είναι  $p = \frac{Q}{t_p}$  και πρέπει πάλι να ευρεθεί η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας και η στάθμη  $A$  έτσι ώστε το συνολικό ετήσιο κόστος διαχείρισης να είναι ελάχιστο.

$$C_T = \left(\frac{Z}{Q}\right) C_{OR} + \left(\frac{Q(1 - \frac{Z}{p})}{2}\right) hC + C_E$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.11

$$C_{II} = \left(\frac{Z}{Q}\right) C_{OR} \rightarrow \text{ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ}$$

$$C_{\Delta} = \left(\frac{M}{2}\right) hC \xrightarrow{M=Q-t_p z=Q(1-z/p)} C_{\Delta} = \left(\frac{Q(1 - \frac{z}{p})}{2}\right) hC \rightarrow \text{ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ}$$

$$C_E = 0 \text{ (ΑΠΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ)} \rightarrow \text{ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΛΛΕΙΨΗΣ}$$

Έτσι, όμοια με πριν, η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας  $Q_0$  ισούται:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2ZC_{OR}}{hC(1 - \frac{z}{p})}}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.12

Η στάθμη παραγγελίας ισούται:

$$A = Zt_L$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.13

Το σύστημα έχει ακριβώς τις ίδιες υποθέσεις με την βασική ΕΟQ, δηλαδή η ζήτηση είναι καθορισμένη και σταθερή κατά την διάρκεια του χρόνου μελέτης, ο χρόνος παράδοσης είναι γνωστός και σταθερός, δεν επιτρέπονται εκπτώσεις λόγω ποσότητας και δεν επιτρέπονται ελλείψεις. Η διαφορά έγκειται στο ότι τα αποθέματα δεν παραλαμβάνονται σε μία ενιαία παρτίδα αλλά με έναν σταθερό ρυθμό.

#### 4.2.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΜΕ ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ – ΠΕΡΙΟΔΙΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Τα αποτελέσματα στα συστήματα ανεξάρτητης ζήτησης με καθοριστική συμπεριφορά συνεχούς και περιοδικής επιθεώρησης ταυτίζονται, εφ' όσον έχουν τις ίδιες παραδοχές. Αν τα αποθέματα επιθεωρούνται συνέχεια, όταν φτάσουν το επίπεδο  $A$  πρέπει να δοθεί παραγγελία  $Q$ . Όμως λόγω των προηγούμενων υποθέσεων, αυτό γίνεται κάθε φορά σε συγκεκριμένη υπολογίσιμη χρονική στιγμή ( $n_i T - t_L$ ), όπου  $n_i = 1, 2, \dots, n$  ο αριθμός των παραγγελιών. Οπότε, πρακτικά όλα τα παραπάνω ντετερμινιστικά ΕΟQ μοντέλα ικανοποιούν και τις δύο πολιτικές. Παρακάτω θα αναφερθούν δύο βασικά μοντέλα που αναφέρονται στο βιβλίο «Διαχείριση Υλικών και Συστήματα Αποθεμάτων» (Tersine, 1979), για να γίνουν ξεκάθαρα τα προηγούμενα. Υπενθυμίζεται πως, στόχος και πάλι είναι η απάντηση στα ακόλουθα δύο ερωτήματα:

- «Πότε θα εκδοθεί η παραγγελία;» και
- «Ποια θα είναι η ποσότητα παραγγελίας;»

##### 4.2.2.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΞΥ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ (EOI – ECONOMIC ORDER INTERVAL) – ΕΝΑ ΕΙΔΟΣ

Θεωρείται το ίδιο σύστημα, με ακριβώς τις ίδιες προδιαγραφές με την ΕΟQ. Η ζήτηση σε κάθε κύκλο λειτουργίας  $T$  υπολογίζεται ως  $Q(t) = Q - Zt$ . Επίσης θεωρείται πως  $1/T = n$  είναι ο αριθμός παραγγελιών μέσα στο έτος. Σε αυτό το σύστημα πρέπει να υπολογιστεί το πιο οικονομικό διάστημα μεταξύ των παραγγελιών, το  $T_0$  και το μέγιστο επίπεδο αποθεμάτων  $M$ , που στην πραγματικότητα προσδιορίζει την ποσότητα παραγγελίας  $Q_0$ . Έτσι, η πρώτη παραγγελία θα εκτελεστεί την χρονική στιγμή  $T_0 - t_L$ , η δεύτερη την  $2T_0 - t_L$  και η  $n$ -οστή την  $nT_0 - t_L$ . Επίσης, εκ σχεδιασμού το  $Z/Q = n$  και  $1/n = T$ . Το συνολικό ετήσιο κόστος είναι:

$$C_T = nC_{OR} + \frac{ZhC}{2n} + C_E$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.14

$$C_{\Pi} = nC_{OR} \rightarrow \text{ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ}$$

$$C_{\Delta} = \frac{ZhC}{2n} \rightarrow \text{ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ}$$

$$C_E = 0 \text{ (ΑΠΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ)} \rightarrow \text{ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΛΛΕΙΨΗΣ}$$

Οπότε βρίσκοντας το  $T_0 = 1/n_0$  για το οποίο ελαχιστοποιείται το συνολικό κόστος έχουμε:

$$T_0 = \sqrt{\frac{2C_{OR}}{ZhC}}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.15

Για να βρεθεί το παραπάνω διάστημα μεταξύ παραγγελιών εξισώνεται η πρώτη παράγωγος ως προς  $T$  του συνολικού κόστους  $C_T$  με το μηδέν. Έπειτα το μέγιστο επίπεδο αποθεμάτων υπολογίζεται ως το άθροισμα της ζήτησης για έναν ολόκληρο κύκλο  $T_0$  και της ζήτησης την περίοδο  $t_L$ :

$$M = ZT_0 + Zt_L = Z(T_0 + t_L)$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.16

Οπότε τελικά για αυτό το σύστημα το απόθεμα θα παραλαμβάνεται κάθε  $T_0$  και η ποσότητα που θα παραγγέλνεται θα είναι :

$$Q_0 = ZT_0$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.17

Οπότε έγινε κατανοητό πως το  $Q_0$  αυτού του συστήματος ταυτίζεται με την ΕΟQ, εφόσον τα συστήματα έχουν ίδιες παραδοχές και ίδια δεδομένα.

#### 4.2.2.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΞΥ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ (EOI – ECONOMIC ORDER INTERVAL) – ΠΟΛΛΑ ΕΙΔΗ

Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν μπορεί να συντονιστεί η ταυτόχρονη παραγγελία για πολλά είδη. Ο χρόνος ελέγχου των αποθεμάτων συντονίζεται σε ένα κατάλληλο επίπεδο έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το συνολικό ετήσιο κόστος για όλα τα αποθέματα. Το κόστος παραγγελίας  $C_{OR}$  θα χωριστεί σε δύο κομμάτια. Το πρώτο κομμάτι είναι το κόστος μεικτής παραγγελίας  $C_{OR1}$  και το δεύτερο είναι το κόστος παραγγελίας ανά μεμονωμένο είδος  $mC_{OR2}$ . Το  $m$  είναι ο αριθμός των ειδών που συμμετέχουν στην ταυτόχρονη παραγγελία. Έτσι το συνολικό ετήσιο κόστος είναι:

$$C_T = \frac{(C_{OR1} + mC_{OR2})}{T} + \frac{1}{2}Th \sum_{i=1}^m Z_i C_i + C_E$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.18

$$C_{\Pi} = \frac{(C_{OR1} + mC_{OR2})}{T} \rightarrow \text{ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ}$$

$$C_{\Delta} = \frac{1}{2}Th \sum_{i=1}^m Z_i C_i \rightarrow \text{ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ}$$

$$C_E = 0 \text{ (ΑΠΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ)} \rightarrow \text{ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΛΛΕΙΨΗΣ}$$

Οπότε παραγωγίζοντας και εξισώνοντας με το μηδέν το οικονομικότερο διάστημα παραγγελίας είναι:

$$T_0 = \sqrt{\frac{2(C_{OR1} + mC_{OR2})}{h \sum_{i=1}^m Z_i C_i}}$$

## ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.19

Το μέγιστο επίπεδο αποθεμάτων είναι:

$$M_i = Z_i T_0 + Z_i t_L = Z_i (T_0 + t_L)$$

## ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.20

Και η οικονομική ποσότητα παραγγελίας για το κάθε είδος είναι:

$$Q_i = Z_i T_0, \text{ με } i = 1, 2, \dots, m$$

## ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.21

Σε καθοριστικά συστήματα με πολλά είδη συχνά είναι πολύ οικονομικό να δίνονται μικτές παραγγελίες. Ο λόγος είναι πως συντονίζοντας τις παραγγελίες, περιορίζονται τα έξοδα παραγγελίας (μειώνεται ο αριθμός των παραγγελιών) και τα έξοδα μεταφοράς. Για παράδειγμα, στην δημοσίευση των (Maucar, et al., 2013), είχε παρατηρηθεί πως σε έναν οργανισμό υπήρχαν διαφορετικοί αριθμοί παραγγελιών για κάθε SKU που προερχόταν από τον ίδιο προμηθευτή. Στην ίδια εργασία αποδείχθηκε πως η εφαρμογή του συγκεκριμένου μοντέλου μπορεί να μειώσει το συνολικό κόστος διαχείρισης άνω του 21%, σε σχέση με την προηγούμενη μέθοδο που εφαρμοζόταν.

#### 4.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΜΕ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ (ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ) – ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΔΙΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Στην πραγματικότητα καμία μελλοντική τιμή δεν μπορεί να είναι γνωστή εκ των προτέρων. Έτσι, σε αντίθεση με πριν, θα θεωρηθεί πως η ζήτηση και ο χρόνος παραγγελίας είναι μεγέθη στοχαστικά. Έτσι σε μία προσπάθεια να αντιμετωπιστεί η αβεβαιότητα πρέπει οι παραγγελίες να γίνονται νωρίτερα, ώστε όταν παραλαμβάνονται να υπάρχει το λεγόμενο απόθεμα ασφαλείας που θα προφυλάσσει τους οργανισμούς από τυχών ελλείψεις. Η ισορροπία μεταξύ του αποθέματος ασφαλείας και του κόστους έλλειψης είναι το αντικείμενο μελέτης για την συγκεκριμένη κατηγορία συστημάτων. Όπως θα γίνει κατανοητό στην συνέχεια, το κόστος έλλειψης προσεγγίζεται με έναν εναλλακτικό τρόπο, ως το επιθυμητό επίπεδο εξυπηρέτησης ανάλογα με τους στόχους του κάθε οργανισμού. Η ετήσια ζήτηση θεωρείται πως ακολουθεί γνωστή κατανομή με υπολογίσιμη μέση τιμή  $E(Z)$  και τυπική απόκλιση  $\sigma_z$ . Τέλος, όπως και πριν, όλα τα επιμέρους κόστη ( $C$ ,  $C_{OR}$ ,  $hC$ ,  $C_{ST}$ ) δίνονται ως δεδομένα για την επίλυση του εκάστοτε προβλήματος.

Στα παρακάτω συστήματα αναφέρονται κάποιοι στατιστικοί όροι οι οποίοι πρέπει να γίνουν κατανοητοί. Συγκεκριμένα σύμφωνα με τον (Παπαδόπουλος):

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΟΡΟΙ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Κεντρικό Οριακό Θεώρημα (ΚΟΘ)	Σύμφωνα με το Κεντρικό Οριακό Θεώρημα, το άθροισμα και επομένως η μέση τιμή, μεγάλου αριθμού ανεξάρτητων παρατηρήσεων, ακολουθεί κατά προσέγγιση κανονική κατανομή, ανεξαρτήτως από το ποια κατανομή ακολουθούν οι παρατηρήσεις. Μαθηματικά από το ΚΟΘ το άθροισμα του πλήθους τυχαίων μεταβλητών ακολουθεί την κανονική κατανομή με μέση τιμή το άθροισμα των μέσων τιμών και μεταβλητότητα το άθροισμα των μεταβλητοτήτων. Η σημασία

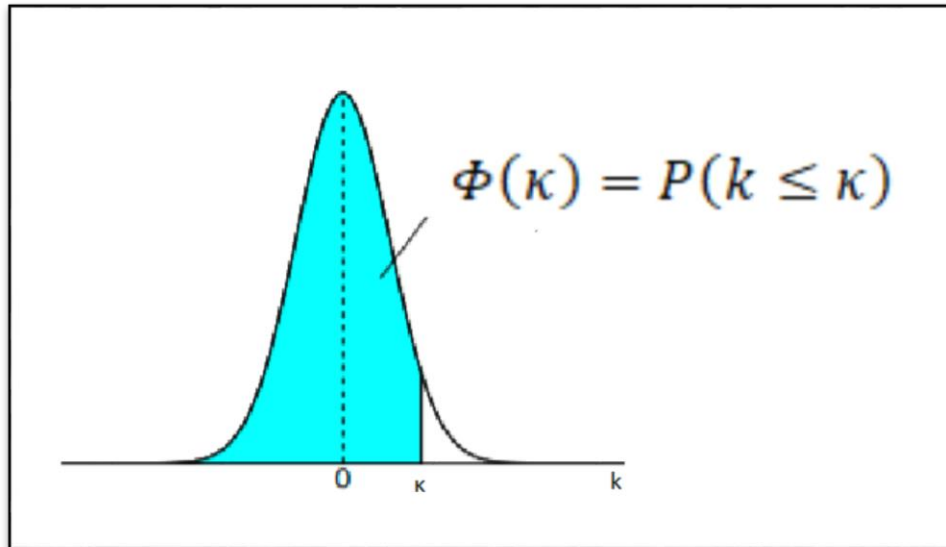


	του θεωρήματος αυτού είναι θεμελιώδης, αφού συνδέει την κανονική κατανομή με οποιαδήποτε άλλη κατανομή (αφού δεν προϋποθέτει να ακολουθούν οι παρατηρήσεις κανονική κατανομή), γεγονός το οποίο, απαντάει, επίσης, στο ερώτημα, γιατί η κανονική κατανομή βρίσκει εφαρμογή σε μεγάλο πλήθος φαινομένων και πειραμάτων.
Κανονική κατανομή $N[E(Z),\sigma^2]$	Η κανονική κατανομή περιγράφεται με την μέση τιμή $E(Z)$ και την τυπική απόκλιση $\sigma$ (δηλαδή διακύμανση $\sigma^2$ ).
Τυποποιημένη ή τυπική κανονική κατανομή $N[0,1]$	Η κανονική κατανομή που έχει μέση τιμή 0 και τυπική απόκλιση 1 (άρα και διακύμανση 1), συμβολίζεται με $N(0,1)$ και ονομάζεται τυποποιημένη (ή τυπική) κανονική κατανομή (Standard Normal Distribution)
Στατιστική πρόταση 1 που θα χρησιμοποιηθεί	Αν η τυχαία μεταβλητή $Z$ ακολουθεί μια κανονική κατανομή $[E(Z), \sigma^2]$ τότε η τυχαία μεταβλητή $k = \frac{Z-E(Z)}{\sigma}$ ακολουθεί την τυποποιημένη κανονική $N [0,1]$
$\Phi(k) = P(k \leq \kappa) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\kappa} e^{-\frac{t^2}{2}} dt, -\infty < \kappa < +\infty$	Αυτή είναι η συνάρτηση κατανομής πιθανότητας της τυποποιημένης κανονικής κατανομής. Ο πίνακας των αποτελεσμάτων της $\Phi(k)$ φαίνεται στο παράρτημα (7)

ΠΙΝΑΚΑΣ 10 : Στατιστικοί Όροι

Ο υπολογισμός πιθανοτήτων για την μεταβλητή  $k$  που ακολουθεί την τυπική κατανομή γίνεται με την βοήθεια των παρακάτω σχέσεων και την βοήθεια του πίνακα αποτελεσμάτων της συνάρτησης κατανομής πιθανότητας  $\Phi(k)$  (Δαμιανού, et al., 2003):

- $P(\alpha \leq k \leq \beta) = \Phi(\beta) - \Phi(\alpha)$
- $P(k > \alpha) = 1 - P(k \leq \alpha) = 1 - \Phi(\alpha)$
- $P(-\alpha \leq k \leq \alpha) = -(1 - \Phi(\alpha)) + \Phi(\alpha) = 2\Phi(\alpha) - 1$



ΣΧΗΜΑ 4 : Συνάρτηση Κατανομής Πιθανότητας Τυποποιημένης Κανονικής Κατανομής (Παπαδόπουλος)

Αξιοποιώντας την πρόταση 1 και τις παραπάνω σχέσεις, σύμφωνα με τους είναι δυνατόν να γίνει ο υπολογισμός πιθανοτήτων οποιασδήποτε τυχαίας μεταβλητής  $Z$  που ακολουθεί την κανονική κατανομή  $N[E(Z), \sigma^2]$  ως:

$$k = \frac{Z - E(Z)}{\sigma} \Leftrightarrow Z = \sigma k + E(Z) \text{ και οπότε:}$$

$$\bullet \quad P(\alpha \leq Z \leq \beta) = P(\alpha \leq \sigma k + E(Z) \leq \beta) = P(\alpha - E(Z) \leq \sigma k \leq \beta - E(Z)) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow P(\alpha \leq Z \leq \beta) = P\left(\frac{\alpha - E(Z)}{\sigma} \leq k \leq \frac{\beta - E(Z)}{\sigma}\right) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow P(\alpha \leq Z \leq \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - E(Z)}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - E(Z)}{\sigma}\right)$$

$$\bullet \quad P(Z \leq \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - E(Z)}{\sigma}\right)$$

$$\bullet \quad P(Z \geq \alpha) = 1 - \Phi\left(\frac{\alpha - E(Z)}{\sigma}\right) = \Phi\left(\frac{E(Z) - \alpha}{\sigma}\right)$$

#### 4.3.1 ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ – ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Έστω ότι η ετήσια ζήτηση για έναν κωδικό ακολουθεί γνωστή κατανομή με γνωστή μέση τιμή  $E(Z)$  και τυπική απόκλιση  $\sigma$ . Ο χρόνος εκτέλεσης παραγγελίας είναι σταθερός και ίσος με  $t_1$  (ανεξάρτητος της ποσότητας παραγγελίας). Στο σύστημα αυτό θα εκδίδεται παραγγελία μόλις το απόθεμα φτάσει την τιμή  $A$ , όπου το  $A$  (στάθμη παραγγελίας) θα ισούται με το άθροισμα της μέσης ζήτησης που αναμένεται να εκδηλωθεί στην διάρκεια του χρόνου  $t_1$  και του αποθέματος ασφαλείας που το συμβολίζεται με  $B$ . Τώρα, αν οι επιπτώσεις από την έλλειψη αποθέματος είναι μεγάλες, τότε και το  $B$  θα είναι μεγάλο. Διαφορετικά, θα επιλέγεται μικρό  $B$ , αν δεν θα υπάρχει μεγάλο κόστος από την απουσία του εξεταζόμενου SKU. Στόχος είναι να προσδιοριστεί το  $A$ , το  $Q_0$  και το  $B$ .

Η διαδικασία χωρίζεται σε δύο σκέλη. Αρχικά υπολογίζεται η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας, όπως στο ντετερμινιστικό σύστημα, θεωρώντας πως το κόστος έλλειψης είναι

ίσο με μηδέν και αντικαθιστώντας το Z με το E(Z). Έτσι η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας είναι:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2E(Z)C_{OR}}{hC}}$$

Στο δεύτερο σκέλος, εισάγεται στους υπολογισμούς το κόστος έλλειψης με έναν εναλλακτικό τρόπο. Πιο συγκεκριμένα, προσπαθεί να υπολογιστεί το κατάλληλο ύψος του B (απόθεμα ασφαλείας), έτσι ώστε να παρέχεται το κατάλληλο επίπεδο εξυπηρέτησης. Το επίπεδο εξυπηρέτησης ορίζεται ως το ποσοστό s των κύκλων λειτουργίας του συστήματος, στους οποίους δεν εμφανίζεται έλλειψη αποθέματος. Στην πράξη είναι η πιθανότητα η ζήτηση την χρονική περίοδο  $t_L$  να είναι μικρότερη από την στάθμη παραγγελίας  $A$   $P(Z_L \leq A)$ . Η τυχαία μεταβλητή  $Z_L$ , μπορεί να θεωρηθεί ως το άθροισμα πολλών τυχαίων μεταβλητών για κάθε χρονική μονάδα στην διάρκεια του  $t_L$  με μέση τιμή E(Z) και μεταβλητότητα  $\sigma_Z^2$ . Έτσι από το κεντρικό οριακό θεώρημα (ΚΟΘ) το  $Z_L$  ακολουθεί κανονική κατανομή με μέση τιμή το άθροισμα των μέσων τιμών και μεταβλητότητα το άθροισμα των μεταβλητοτήτων τους. Οπότε από ΚΟΘ ισχύει:

$$E(Z_L) = E(Z)t_{L1} + E(Z)t_{L2} + \dots + E(Z)t_{L\infty} = E(Z)(t_{L1} + t_{L2} + \dots + t_{L\infty}) = E(Z)t_L$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.22

$$\sigma_L^2 = \sigma_Z^2 t_{L1} + \sigma_Z^2 t_{L2} + \dots + \sigma_Z^2 t_{L\infty} = \sigma_Z^2 (t_{L1} + t_{L2} + \dots + t_{L\infty}) = \sigma_Z^2 t_L$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.23

Από την πρόταση 1 ισχύει πως η παρακάτω τυχαία μεταβλητή ακολουθεί την τυποποιημένη κανονική κατανομή:

$$k = \frac{Z_L - E(Z_L)}{\sigma_L} = \frac{Z_L - E(Z)t_L}{\sigma_Z \sqrt{t_L}}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.24

Από τα προηγούμενα ισχύει πως επίπεδο εξυπηρέτησης είναι:

$$s = P(Z_L \leq A) = P\left(k \leq \frac{A - E(Z)t_L}{\sigma_Z \sqrt{t_L}}\right) = \Phi\left(\frac{A - E(Z)t_L}{\sigma_Z \sqrt{t_L}}\right)$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.25

Έτσι ο κάθε οργανισμός ορίζει το επίπεδο εξυπηρέτησης, από αυτό υπολογίζεται ο συντελεστής ασφάλειας κ μέσα από τον (ΠΙΝΑΚΑΣ 38: Τιμές Φ(κ) - Οι Τιμές Δημιουργήθηκαν στο Microsoft Excel με την Συνάρτηση NORMSDIST(κ)) και μέσω αυτού η στάθμη παραγγελίας A ως:

$$\kappa = \frac{A - E(Z)t_L}{\sigma_Z \sqrt{t_L}} \Leftrightarrow A = E(Z)t_L + \kappa \sigma_Z \sqrt{t_L}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.26

Εξ' ορισμού ισχύει:

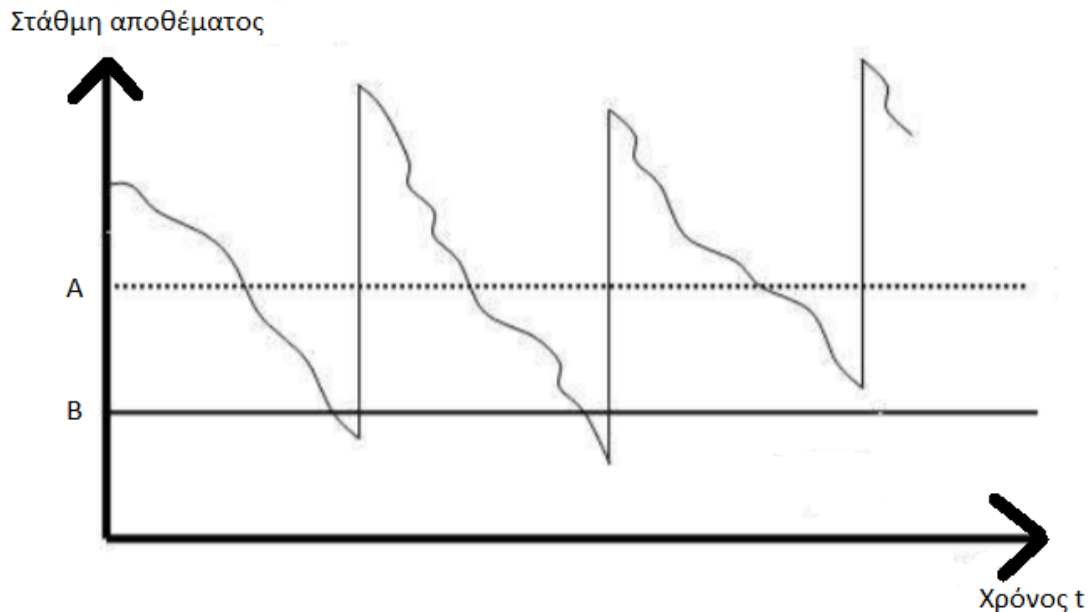
$$A = E(Z)t_L + B$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.27

Οπότε:

$$B = \kappa \sigma_Z \sqrt{t_L}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.28



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4 : Στοχαστικό Σύστημα Σταθερή Ποσότητα Παραγγελίας (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007)

Έτσι το συνολικό κόστος διαχείρισης  $C_T$  είναι:

$$C_T = \left(\frac{E(Z)}{Q_0}\right) C_{OR} + \left(B + \frac{Q_0}{2}\right) hC$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.29

Ως τώρα ως στοχαστικό μέγεθος ήταν μόνο η ζήτηση και ο χρόνος παραγγελίας θεωρήθηκε σταθερός. Αν κριθεί αναγκαίο μπορεί να εισαχθεί στοχαστικότητα και στον χρόνο παραγγελίας  $t_L$ . Αν υποθεθεί λοιπόν πως  $t_L$  τυχαία μεταβλητή με γνωστή μέση τιμή  $E(t_L)$  και τυπική απόκλιση  $\sigma_{t_L}$ . Σε αυτή την περίπτωση ισχύει:

$$E(Z_L) = E(Z)E(t_L)$$

$$\sigma_L^2 = E(t_L)\sigma_Z^2 + E(Z)^2\sigma_{t_L}^2$$

Η ανάλυση που ακολουθείτε είναι η ίδια με πριν, με στόχο να ευρεθεί το απόθεμα ασφαλείας  $B$  και κατ' επέκτασίν η στάθμη παραγγελίας  $A$ . Η οικονομική ποσότητα παραγγελίας είναι ήδη υπολογισμένη στο πρώτο σκέλος.

#### 4.3.2 ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ – ΠΕΡΙΟΔΙΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Έστω και πάλι πως η ζήτηση  $Z$  ακολουθεί μία γνωστή κατανομή με γνωστή μέση τιμή  $E(Z)$  και τυπική απόκλιση  $\sigma_Z$ . Ο χρόνος παραγγελίας  $t_L$  είναι και πάλι σταθερός (ανεξάρτητος από την ποσότητα  $Q$ ) και γνωστός. Σε αυτό το σύστημα γίνεται περιοδική επιθεώρηση ανά χρόνο  $T$ . Σε κάθε επιθεώρηση εκδίδεται παραγγελία διαφορετικής ποσότητας  $Q_i$  κάθε φορά, τέτοιας

ώστε το διαθέσιμο απόθεμα συν τη ποσότητα παραγγελίας να ισούται με μία προκαθορισμένη μέγιστη τιμή  $M$ . Στόχος είναι να προσδιοριστεί το  $T_0$  και το  $M$ .

Όπως και πριν, η διαδικασία χωρίζεται σε δύο τμήματα. Αρχικά υπολογίζεται το βέλτιστο  $T_0$ , όπως στο ντετερμινιστικό σύστημα, θεωρώντας πως το κόστος έλλειψης είναι ίσο με μηδέν και αντικαθιστώντας όπου  $Z$  το  $E(Z)$ . Έτσι η πιο αποδοτική τιμή του χρόνου επιθεώρησης  $T_0$  είναι:

$$T_0 = \sqrt{\frac{2C_{OR}}{E(Z)hC}}$$

$$n_0 = \sqrt{\frac{E(Z)hC}{2C_{OR}}} \rightarrow \text{ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΩΝ ΑΝΑ ΕΤΟΣ}$$

Στο δεύτερο τμήμα πρέπει να υπολογιστεί το  $M$ , που όπως και πριν με το  $A$ , ο υπολογισμός τους σχετίζεται με το κόστος έλλειψης, που στο πρώτο σκέλος θεωρείται μηδέν. Το ποσοστό  $s$ , δηλαδή το επίπεδο εξυπηρέτησης, με τις τωρινές υποθέσεις, είναι η πιθανότητα η ζήτηση στην διάρκεια του χρόνου λειτουργίας  $T+t_L$ , να είναι μικρότερη από την μέγιστη στάθμη  $M$ .

$$s = P(Z_{T+L} \leq M)$$

Από ΚΟΘ η μεταβλητή  $Z_{T+L}$  ακολουθεί την κανονική κατανομή και ισχύει:

$$E(Z_{T+L}) = E(Z)(T + t_L)$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.30

$$\sigma_{T+L} = \sigma_Z \sqrt{(T + t_L)}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.31

Από την στατιστική ισχύει πως η ακόλουθη τυχαία μεταβλητή ακολουθεί την τυπική κατανομή:

$$k = \frac{Z_{T+L} - E(Z_{T+L})}{\sigma_{T+L}} = \frac{Z_{T+L} - E(Z)(T + t_L)}{\sigma_Z \sqrt{(T + t_L)}}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.32

Έτσι:

$$s = P(Z_{T+L} \leq M) = P\left(k \leq \frac{M - E(Z)(T + t_L)}{\sigma_Z \sqrt{(T + t_L)}}\right) = \Phi\left(\frac{M - E(Z)(T + t_L)}{\sigma_Z \sqrt{(T + t_L)}}\right)$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.33

Οπότε κάθε οργανισμός που προκαθορίζει το επίπεδο εξυπηρέτησης που θέλει να έχει και στην συνέχεια υπολογίζει την τιμή του συντελεστή ασφάλειας  $k$  από την  $\Phi(k)$  και έτσι ισχύει:

$$M = E(Z)(T + t_L) + k\sigma_Z \sqrt{(T + t_L)}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.34

Τοποθετώντας όπου  $T$  το βέλτιστο χρονικό μεταξύ των παραγγελιών  $T_0$  η (ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.37) γίνεται:

$$M = E(Z)(T_0 + t_L) + \kappa\sigma_Z\sqrt{(T_0 + t_L)}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.35

$$B = \kappa\sigma_Z\sqrt{(T_0 + t_L)} \rightarrow \text{ΑΠΟΘΕΜΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ}$$

Έτσι το συνολικό κόστος διαχείρισης  $C_T$  είναι:

$$C_T = \left(\frac{1}{T_0}\right)C_{OR} + \left(B + \frac{E(Z)T_0}{2}\right)hC$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.36

Αν θεωρηθεί ο  $t_L$  στοχαστικό μέγεθος, η ανάλυση που ακολουθείτε είναι ανάλογη με πριν.

#### 4.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ

##### 4.4.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ MRP

Στα προαναφερθέντα συστήματα η ζήτηση ήταν ανεξάρτητη από το παραγωγικό σύστημα. Στην περίπτωση αυτή θα εστιαστεί η προσοχή στη διαχείριση, τον προγραμματισμό και το έλεγχο αποθεμάτων με εξαρτημένη ζήτηση. Όπως ήδη αναφέρθηκε, η πιο διαδεδομένη μέθοδος για την διαχείριση υλικών και εξαρτημάτων του τελικού προϊόντος, είναι ο προγραμματισμός αναγκών υλικών, με την βοήθεια συστημάτων MRP. Αυτή η έννοια της προμήθειας του σωστού αντικειμένου, στη σωστή ποσότητα και τη σωστή στιγμή παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τον Joseph Orlicky στις αρχές της δεκαετίας του 1960 (Muller, 2011). Για τα συστήματα MRP σημαντική είναι η κατανόηση του πίνακα υλικών (Bill of Materials, BOM) ενός τελικού αγαθού και του πίνακα προγραμματισμού παραγωγής.

Σύμφωνα με τους (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, pp. 247-254) στόχος του MRP είναι η διασφάλιση διαθέσιμων αγαθών και εξοπλισμού, με το μικρότερο δυνατό επίπεδο αποθέματος, προκειμένου να ικανοποιηθεί η ανεξάρτητη ζήτηση σε τελικά προϊόντα. Η διαδικασία MRP προγραμματισμού έχει ως εξής:

- **Δημιουργία BOM:** Περιλαμβάνει τα αγαθά εκείνα που είναι απαραίτητα για την σύσταση του τελικού προϊόντος. Έστω για παράδειγμα πως κάνουμε την BOM για το τελικό προϊόν Α. Έστω ότι για την δημιουργία αυτού του κωδικού χρειάζεται η συγκομιδή (παραγωγή ή προμήθεια) των 1xΒ (Επίπεδο 1), 2xΓ (Επίπεδο 2), 1xΔ (Επίπεδο1) και 4xE (Επίπεδο 1). Τα επίπεδα αντικατοπτρίζουν το σημείο παραγωγής. Δηλαδή για να κατασκευαστεί κωδικός επιπέδου 0, πρέπει να υπάρχουν τα υλικά επιπέδου 1, που με την σειρά τους χρειάζονται τα αγαθά επιπέδου 2 (Συγκεκριμένα έστω πως για την κατασκευή του Β χρειάζονται 2xΓ και για την κατασκευή του Δ απαιτούνται 4xE) κτλ. Έτσι :

Επίπεδο	Κωδικός	Ποσότητα	Περιγραφή	Παραγωγή ή Προμήθεια
0	ΚΩΔΙΚΟΣ Α	1	Α	Παραγωγή
1	ΚΩΔΙΚΟΣ Β	1	Β	Προμήθεια
2	ΚΩΔΙΚΟΣ Γ	2	Γ	Παραγωγή
1	ΚΩΔΙΚΟΣ Δ	1	Δ	Προμήθεια
2	ΚΩΔΙΚΟΣ Ε	4	Ε	Προμήθεια

ΠΙΝΑΚΑΣ 11: Πίνακας Υλικών του Α

- **Προσδιορισμός των μικτών αναγκών:** Είναι οι ποσότητες που απαιτούνται για την δημιουργία κωδικού μικρότερου επιπέδου, χωρίς να συνυπολογίζονται η πιθανή ύπαρξη αποθεμάτων.
- **Υπολογισμός των καθαρών αναγκών:** Είναι οι ποσότητες που απαιτούνται για την δημιουργία κωδικού μικρότερου επιπέδου, συνυπολογίζοντας (δηλαδή αφαιρώντας) τη πιθανή ύπαρξη αποθεμάτων.
- **Διαμόρφωση προγραμμάτων παραγωγής ή προμήθειας:** Είναι ο τελικός πίνακας που αποδίδει τον προγραμματισμό MRP για να δοθεί η εντομή για προμήθεια ή παραγωγή. Έτσι η μορφή του πίνακα MRP θα έχει την ακόλουθη μορφή:

Προϊόν Α (Επίπεδο 0)	Περίοδος				
	0	1	2	3	...
Μικτές Ανάγκες					
Απόθεμα					
Καθαρές Ανάγκες					
Εντολή Παρ/Προμ.					
Προϊόν Β (Επίπεδο 1)	x1A				
Μικτές Ανάγκες					
Απόθεμα					
Καθαρές Ανάγκες					
Εντολή Παρ/Προμ.					
Προϊόν Δ (Επίπεδο 1)	x1A				
Μικτές Ανάγκες					
Απόθεμα					
Καθαρές Ανάγκες					
Εντολή Παρ/Προμ.					
Προϊόν Γ (Επίπεδο 2)	x2B				
Μικτές Ανάγκες					
Απόθεμα					
Καθαρές Ανάγκες					
Εντολή Παρ/Προμ.					
Προϊόν Ε (Επίπεδο 2)	x4Δ				
Μικτές Ανάγκες					
Απόθεμα					
Καθαρές Ανάγκες					
Εντολή Παρ/Προμ.					

ΠΙΝΑΚΑΣ 12 : «MRP Πίνακας για το Α αγαθό»

Έτσι, για κάθε περίοδο, σταδιακά θα υπολογίζονται οι ανάγκες παραγωγής ή προμήθειας για τον κάθε κωδικό.

#### 4.4.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ JUST-IN-TIME (JIT)

Το JIT αναπτύχθηκε για πρώτη φορά στις κατασκευαστικές από τον μηχανικό της Toyota, Taiichi Ohno στη δεκαετία του 1970, ως το μέσο ικανοποίησης με την ελάχιστη δυνατή καθυστέρηση (Muller, 2011, p. 137). Στην αρχική του μορφή, αποτελεί την παραγωγή αγαθών για την ακριβή ανταπόκριση από την άποψη του χρόνου, ποιότητας και ποσότητας. Με ένα

σύστημα JIT, ο «αγοραστής» μπορεί να είναι ο τελικός χρήστης ή οποιοσδήποτε άλλος μεσάζοντας κατά μήκος της γραμμής παραγωγής. Το JIT πηγαίνει ένα βήμα πιο πέρα από το MRP, επειδή εκτός από την συγκομιδή του σωστού αντικειμένου, στη σωστή ποσότητα, την σωστή στιγμή, ελέγχει και την προσκόμισή του στο σωστό μέρος. Κάτω από αυτό το χρονοεξαρτώμενο σύστημα ένα αντικείμενο εμφανίζεται ακριβώς όταν χρειάζεται - όχι πριν - όχι μετά. Σύμφωνα με τους (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, p. 265) το JIT είναι μία νέα φιλοσοφία, με στόχο την ελαχιστοποίηση της σπατάλης (Waste) σε κάθε επίπεδο. Συγκεκριμένα στο βιβλίο του (Muller, 2011) αναφέρονται επτά τομείς, στους οποίους το JIT προσπαθεί να εξαλείψει τη σπατάλη:

- **Υπερπαραγωγή:** Παραγωγή περισσότερων των απολύτως απαραίτητων. Σπατάλη χρημάτων, χώρου και πόρων παραγωγής.
- **Χρόνος Αναμονής:** Μειώνει την παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα.
- **Μεταφορές:** Πολλές φορές παρατηρούνται πολλαπλές μεταφορές ενός SKU από την μία αποθήκη σε μια άλλη.
- **Διαδικασίες:** Η διεπαφή μεταξύ των διάφορων τμημάτων και οργανισμών της παραγωγικής διαδικασίας. Όσο λιγότερες και ταχύτερες διαδικασίες, τόσο το καλύτερο.
- **Απόθεμα:** Αγαθά που απλώς υπάρχουν χωρίς να χρησιμοποιούνται είναι σπατάλη.
- **Κινήσεις:** Υπάρχουν κινήσεις που προκαλούν σπατάλη χρόνου για το ανθρώπινο δυναμικό, όπως αυτές για την αναζήτηση κάποιου αγαθού.
- **Ελλαττωματικά Προϊόντα:** Οι ελλαττωματικοί κωδικοί έχουν άμεσο κόστος στην εταιρία και προκαλούν καθυστερήσεις και αναξιοπιστία.

Για να εξηγηθεί η λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος είναι απαραίτητη η αναφορά του πρόδρομου συστήματος KANBAN (στα Ιαπωνικά σημαίνει κάρτα) (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, pp. 265-270). Ο μηχανικός Taiichi Ohno που αναφέρθηκε πριν, ανέπτυξε το σύστημα KANBAN με σκοπό την βελτιστοποίηση της παραγωγικής αποδοτικότητας της Τοyota. Το KANBAN είναι ένα σύστημα για την επίτευξη του JIT (Ohno, June 1988, p. 29). Έστω ένα σύστημα (παράδειγμα από τους (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, pp. 265-267)) σαν αυτό του παρακάτω σχήματος:



ΣΧΗΜΑ 5: Παράδειγμα Συστήματος KANBAN (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007)



Το σύστημα αποτελείται από δύο κέντρα εργασίας το ΚΕ1 και το ΚΕ2. Το ΚΕ1 έχει ένα προαποθηκευτικό χώρο Π1 και έναν χώρο αποθήκευσης Α1. Αντίστοιχα το ΚΕ2 έχει τους χώρους Π2 και Α2. Σε αυτούς τους χώρους τα υλικά ή εξαρτήματα συνοδεύονται από μία κάρτα- ταυτότητα ΚΑΝΒΑΝ, η οποία χρησιμοποιείται για να σηματοδοτεί την εξάντληση του προϊόντος, των αποθεμάτων ή των ανταλλακτικών. Έτσι, σε συνθήκες κανονική λειτουργία, για να υπάρξει κίνηση από τον χώρο Π1 στον χώρο ΚΕ1, θα πρέπει να εντοπίζεται ανάλογη κίνηση από τον Α1 στον Π2, με την σειρά του αυτό σημαίνει πως υπάρχει κίνηση από τον Π2 στον ΚΕ2 και αυτό συνεχίζεται μέχρι την κίνηση που παρατηρείται από την ζήτηση του τελικού προϊόντος. Οποιαδήποτε διακοπή στην λειτουργία του τμήματος της παραγωγικής διαδικασίας είναι εμφανές πως θα διακόψει την παραγωγή σε όλα τα κέντρα, καθώς δεν θα παρατηρείται κάποια κίνηση από τις κάρτες ΚΑΝΒΑΝ. Για αυτό τον λόγο, η συντήρηση του εξοπλισμού και η ποιότητα των πρώτων υλών στα συστήματα JIT είναι βαρύνουσας σημασίας.

Στα παραδοσιακά συστήματα, ένας από τους πιο βασικούς δείκτες της επιτυχίας του προγραμματισμού παραγωγής με βάση τη ζήτηση είναι η ικανότητα πρόβλεψης της ζήτησης. Τα JIT, αντίθετα, είναι μέρος μιας προσέγγισης όπου η προγραμματισμός προέρχεται από τη τελική ζήτηση και τα προϊόντα γίνονται κατά παραγγελία. Έτσι, σύμφωνα με τις παραγγελίες πελατών, ενεργοποιούνται με αναστροφή σειρά (τελευταίο στάδιο, προ-τελευταίο,...,πρώτο) τα στάδια παραγωγής. Έτσι παράγεται μόνο ό,τι χρειάζεται για να ικανοποιηθούν οι πελάτες.

#### 4.5 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στην πράξη, σε κάθε αποθήκη υπάρχουν πολλοί κωδικοί, γεγονός που εισάγει κάποιους περιορισμούς στους οργανισμούς. Οι περιορισμοί αυτοί αφορούν κυρίως δύο τομείς (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007, pp. 227-229), τον διαθέσιμο χώρο και το διαθέσιμο κεφάλαιο. Έστω ότι ένα σύστημα αποθήκης αποτελείται από  $n$  αγαθά όγκου  $L_i$  με  $i=1,2,\dots,n$ , η ζήτηση των οποίων πρέπει να ικανοποιείται άμεσα. Επιπλέον ο διαθέσιμος αποθηκευτικός χώρος έχει μέγιστο όριο  $L_{max}$  μονάδων επιφάνειας και το μέγιστο διαθέσιμο κεφάλαιο για την απόκτηση όλων των  $n$  αγαθών είναι  $C_{max}$ . Έτσι πρέπει να βρεθούν οι τιμές των μεταβλητών  $Q_i$ , με  $i=1, 2, \dots, n$ , για τις οποίες το συνολικό κόστος  $C_T$  διαχείρισης για όλα τα αποθέματα να είναι ελάχιστο και παράλληλα να ικανοποιούνται οι περιορισμοί :

$$g_{Lmax} \sum_{i=1}^n (L_i Q_i) \leq L_{max}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.37

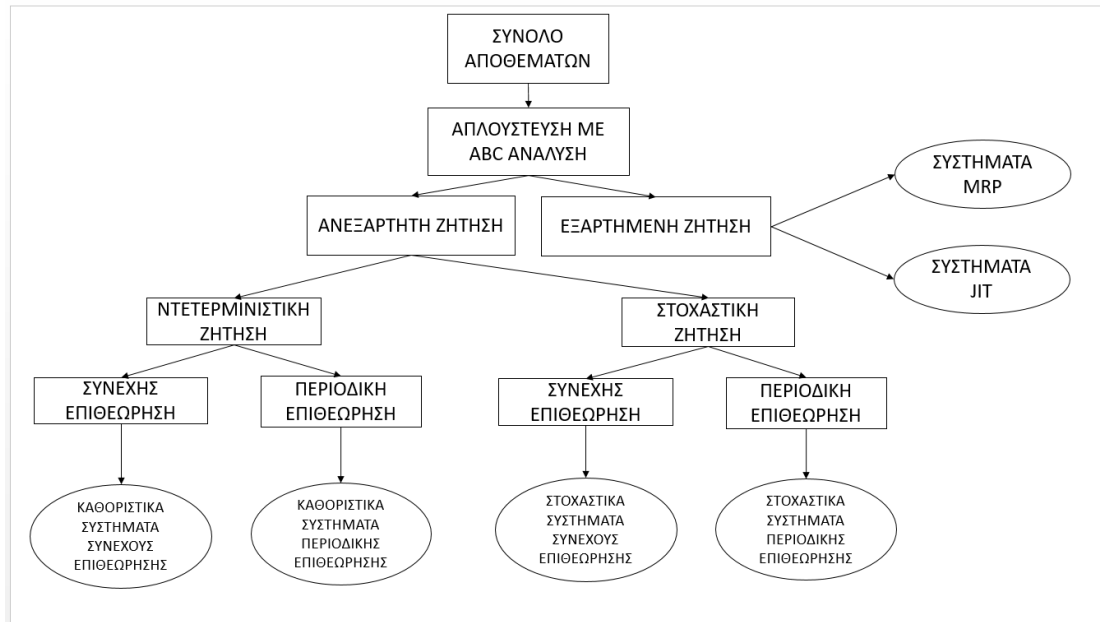
$$g_{Cmax} \sum_{i=1}^n (C_i Q_i) \leq C_{max}$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.38

Όπου οι συντελεστές  $g_{Lmax}$  και  $g_{Cmax}$  ονομάζονται συντελεστές κανονικότητας και παίρνουν τιμές από 1 (στην χειρότερη περίπτωση όπου όλα τα SKU παραλαμβάνονται ταυτόχρονα) μέχρι  $\frac{1}{2}$  (στην καλύτερη περίπτωση όπου οι μέγιστες ποσότητες των υλικών που διατηρούνται ταυτόχρονα ως απόθεμα είναι ίσες με το μέσο απόθεμα τους). Η αναλυτική μαθηματική προσέγγιση για τους παραπάνω περιορισμούς είναι πολύπλοκη και δεν θα αναφερθεί. Σε περίπτωση που χρειαστεί κάποιος τέτοιος έλεγχος θα χρησιμοποιηθεί το εργαλείο «Solver» της «Microsoft Excel».

#### 4.6 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ - ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ - ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

Όπως εξηγήθηκε προηγουμένως η ABC ανάλυση απλουστεύει την διαχείριση των αποθεμάτων, καθώς επιλέγονται για μελέτη τα πιο σημαντικά για τον οργανισμό SKU. Αν η ζήτηση είναι ανεξάρτητη, τότε ελέγχεται αν είναι στοχαστική ή ντετερμινιστική. Αν είναι ντετερμινιστική, τότε κατάλληλα είναι τα συστήματα καθοριστικής συμπεριφοράς με συνεχή ή περιοδική επιθεώρηση. Αν είναι στοχαστική επιλέγεται σύστημα στοχαστικής συμπεριφοράς με συνεχή ή περιοδική επιθεώρηση. Τέλος αν η ζήτηση είναι εξαρτημένη, τότε όπως ήδη αναφέρθηκε, τα πιο διαδεδομένα συστήματα είναι τα MRP και μία σύγχρονη προσέγγιση αποτελούν τα JIT. Σχηματικά :



ΣΧΗΜΑ 6: Κατηγοριοποίηση Μοντέλων Διαχείρισης με Βάση τους (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007)

Σε αυτό το σημείο, είναι απαραίτητο να εξηγηθεί πως, ακόμη και αν η ζήτηση είναι γνωστή με βεβαιότητα, μπορεί να μην παρουσιάζεται με σταθερό ρυθμό. Έτσι, θα πρέπει να εξετάζεται αν ο ρυθμός της ζήτησης που εξετάζεται είναι αρκετά σταθερός έτσι ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν τα μοντέλα ανεξάρτητης ζήτησης που αναφέρθηκαν (είτε αυτά είναι ντετερμινιστικά είτε στοχαστικά). Για τον λόγο αυτό ο Peterson και Silver το 1985 πρότειναν τον Peterson Silver Rule, όπως αναφέρεται στο «Implementing Economic Order Interval for Multiple Items to Reduce Total Inventory Cost» (Maukar, et al., 2013) . Ο δείκτης είναι:

$$V = \frac{n \sum_{t=1}^n D_t^2}{(\sum_{t=1}^n D_t)^2} - 1$$

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.39

Όπου:

$D_t$ = ζήτηση την περίοδο t

n= πλήθος περιόδων

Και έτσι:

- Αν  $V < 0,25$ , τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα τα μοντέλα ΕΟQ και ΕΟI με  $D = n\overline{D}_t$
- Αν  $V > 0,25$ , τότε η ζήτηση μεταβάλλεται αρκετά από περίοδο σε περίοδο και έτσι τα προβλήματα παραγωγής και αποθήκευσης λύνονται με την χρήση μοντέλων δυναμικού προγραμματισμού ή την χρήση ευρετικών αλγορίθμων.

Η δεύτερη περίπτωση δεν είναι αντικείμενο μελέτης της συγκεκριμένης εργασίας. Πρέπει να γίνει πλήρως κατανοητό πως αυτό το κριτήριο εξετάζει αν ο ρυθμός της ζήτησης, επιτρέπει την εφαρμογή των μεθόδων για  $n$  πλήθος περιόδων. Αν η ζήτηση σε αυτές τις  $n$  περιόδους για ένα SKU δεν πληροί τον Peterson Silver rule τότε μπορεί απλά να εφαρμοστούν οι μέθοδοι για μία περίοδο (που ο ρυθμός θα θεωρείτε σταθερός) και ως  $D$  εκείνης της περιόδου να χρησιμοποιηθεί η πρόβλεψη από την εφαρμογή μιας από τις μεθόδους που εξετάστηκαν στο τρίτο κεφάλαιο.

Στο ακόλουθο πίνακάκι αναφέρονται συνοπτικά όλοι οι συμβολισμοί που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση των μαθηματικών μοντέλων:

ΣΥΜΒΟΛΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
$C_T$	Συνολικό ετήσιο κόστος διαχείρισης
$C_P$	Ετήσιο κόστος παραγγελιών
$C_\Delta$	Ετήσιο κόστος διατήρησης
$C_E$	Ετήσιο κόστος έλλειψης
$Z$	Ετήσια Ζήτηση
$Q$	Ποσότητα παραγγελίας
$A$ (Reorder Point - ROP)	Κρίσιμη στάθμη αποθέματος – Στάθμη παραγγελίας – Στάθμη αναπαραγγελίας
$B$	Απόθεμα ασφαλείας
$M$	Μέγιστο επίπεδο αποθεμάτων. Είναι το άθροισμα του διαθέσιμου της στιγμής της επιθεώρησης αποθέματος και της ποσότητας παραγγελίας.
$\rho$	Ρυθμός παραγωγής (εκφρασμένος στην ίδια χρονική περίοδο με τον ρυθμό ζήτησης π.χ. μονάδες παραγωγής ανά μήνα)
$z$	Ρυθμός ζήτησης / Ρυθμός μείωσης αποθέματος (εκφρασμένος στην ίδια χρονική περίοδο με τον ρυθμό παραγωγής, π.χ. μονάδες ζήτησης ανά μήνα)
$E(Z)$	Ετήσια μέση τιμή ζήτησης
$S$	Επίπεδο εξυπηρέτησης
$K$	Συντελεστής ασφάλειας
$\sigma_z$	Ετήσια τυπική απόκλιση ζήτησης
$T$	Περίοδος λειτουργίας του συστήματος
$n=1/T$	Κύκλοι λειτουργίας του συστήματος μέχρι να ικανοποιηθεί η ετήσια ζήτηση / αριθμός παραγγελιών / πλήθος περιόδων.
$m$	Αριθμός ειδών που παραγγέλνονται ταυτόχρονα.
$t_i$	Χρονικό διάστημα εκτέλεσης παραγγελίας/ Χρόνος ανοχής

$t_p$	Χρονικό διάστημα μέχρι να ολοκληρωθεί η ποσότητα παραγωγής ποσότητας $Q$
$Q_0$	Βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας
$T_0=Q_0/Z$	Βέλτιστο χρονικό διάστημα μεταξύ δύο παραγγελιών (εκφρασμένο σε έτη)
$n_0=1/T_0$	Βέλτιστος αριθμός παραγγελιών μέσα σε έναν χρόνο
$V$	Peterson Silver rule για εφαρμογή των συστημάτων ΕΟQ και ΕΟI.
$L_{max}$	Μέγιστο όριο μονάδων επιφάνειας
$C_{max}$	Μέγιστο διαθέσιμο κεφάλαιο
$g_{Lmax}$	Συντελεστής κανονικότητας μέγιστων μονάδων επιφάνειας
$g_{Cmax}$	Συντελεστής κανονικότητας μέγιστου διαθέσιμου κεφαλαίου

ΠΙΝΑΚΑΣ 13 Σύμβολα για τα Μαθηματικά Μοντέλα Διαχείρισης Αποθεμάτων

**5 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΙΡΕΡΑΙΡ – ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

### 5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ iREPAIR

Η iRepair είναι μία συνεχώς αναπτυσσόμενη εταιρία, η οποία το 2017 έστησε ένα οργανωμένο χώρο αποθήκευσης με 3 υπαλλήλους. Στην διάρκεια του ίδιου έτους, παράλληλα με την δημιουργία του τμήματος αποθήκης, αναπτύχθηκε και κατάλληλο λογισμικό, το οποίο έδωσε την δυνατότητα για την ανάλυση των δεδομένων που θα παρουσιαστούν σε αυτή την μελέτη. Στο τέλος του 2018 το λογισμικό ήταν έτοιμο. Έτσι επαρκή δεδομένα για χρήση θεωρούνται αυτά του έτους 2019, τα οποία και θα αναλυθούν για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Για την περιγραφή της «αποστολής» (1.1) της εταιρίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί το απόφθεγμα του Edgar Mitchell : «If you don't take care of your customers, someone else will», που στα Ελληνικά μεταφράζεται ως: «Αν δεν εξυπηρετείς εσύ τους πελάτες σου, κάποιος άλλος θα το κάνει». Έτσι, ως βασικότερος «στόχος» (1.1) της εταιρίας είναι η άμεση επισκευή (εντός λίγων λεπτών) των ηλεκτρονικών συσκευών, γεγονός που προαπαιτεί την ύπαρξη επαρκούς αποθέματος, χωρίς ελλείψεις. Κάτι τέτοιο απαιτεί την σωστή λειτουργία του «μοχλού» (1.1) διαχείρισης αποθεμάτων. Το τμήμα της κεντρικής αποθήκης λειτουργεί ως οργανισμός χονδρικής διανομής (2.4.1) στην προμήθεια ανταλλακτικών για τα επισκευαστικά κέντρα iRepair που υπάρχουν σε όλη την Ελλάδα. Τα ανταλλακτικά (οθόνες, μπαταρίες, κάμερες κτλ.) , είναι προφανές πως στην γραμμή παραγωγής μιας ηλεκτρονικής συσκευής θεωρούνται ημικατεργασμένα αγαθά, όμως η αποθήκη, λόγω της λειτουργίας της, τα αντιμετωπίζει ως τελικά προϊόντα, έτοιμα να καταναλωθούν από τους «πελάτες – εργαστήρια» (2.4.1). Αυτοί είναι οι κωδικοί που χρήζουν μελέτης για τον οργανισμό, τα ανταλλακτικά εκείνα δηλαδή που βρίσκονται στα ράφια της κεντρικής αποθήκης. Η διαδικασία για την παρουσίαση της υπάρχουσας κατάστασης θα χωριστεί σε 5 βήματα. Κάθε βήμα θα αποτελεί και μία ενότητα του πέμπτου κεφαλαίου:

**ΒΗΜΑ 1<sup>ο</sup>** : Θα συλλεχθούν δεδομένα από το λογισμικό και από τα διοικητικά στελέχη της εταιρίας.

**ΒΗΜΑ 2<sup>ο</sup>** : Θα εξεταστεί το μέγεθος και η πολυπλοκότητα της συγκεκριμένης αποθήκης. Θα εφαρμοστεί η ABC ανάλυση για να βρεθεί το σύνολο των ανταλλακτικών που χρήζουν μελέτης (4.1.1).

**ΒΗΜΑ 3<sup>ο</sup>** : Θα γίνει σύντομη ανάλυση της συνολικής ζήτησης όλων των SKU που πωλήθηκαν το έτος 2019. Έπειτα θα γίνει η ίδια συνοπτική μελέτη για την συνολική ζήτηση των σημαντικών ανταλλακτικών που βρέθηκαν από το 2<sup>ο</sup> βήμα.

**ΒΗΜΑ 4<sup>ο</sup>** : Θα υπολογιστεί το συνολικό ετήσιο κόστος διαχείρισης (2.5.3) των σημαντικών ανταλλακτικών για το έτος 2019 με τα δεδομένα που έχουν δοθεί από την iRepair.

**ΒΗΜΑ 5<sup>ο</sup>** : Με δεδομένο πως σε πρώτη φάση, τα στοιχεία αναλύθηκαν σαν μία ενιαία οντότητα και δεν θα δόθηκε έμφαση σε κάποιο συγκεκριμένο κωδικό, θα σχολιαστεί η υπάρχουσα κατάσταση μακροσκοπικά. Βάση αυτής της ανάλυσης, θα εντοπιστούν τα προβλήματα που προκύπτουν.

Τέλος, να αναφερθεί πως για τους σκοπούς της ανάλυσης δεδομένων που έχουν συλλεχθεί, θα χρησιμοποιηθεί το λογισμικό «Microsoft Excel».

### 5.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ iREPAIR

Όπως επισημάνθηκε πριν, η εταιρία πλέον λειτουργεί το δικό της λογισμικό, που μπήκε σε λειτουργία το έτος 2019. Όλα τα αριθμητικά δεδομένα για τις παραγγελίες και τα SKU έχουν εξαχθεί από αυτό το σύστημα. Κάποια άλλα δεδομένα που θα παρουσιαστούν στην συνέχεια

έχουν εκτιμηθεί από την διοίκηση της εταιρίας. Τέλος όλες οι πληροφορίες για την στρατηγική και τις παραδοχές που έχουν γίνει, είναι σε συμφωνία με τα στελέχη της iRepair. Οπότε:

**Δεδομένο Νο 1:** Δεν υπάρχει κάποιο σύστημα αποθεμάτων που να απαντά στα τρία θεμελιώδη ερωτήματα που τέθηκαν στο (1.1) και η διαχείριση γίνεται με βάση της εμπειρίας του υπευθύνου. Βασικός κανόνας, να μην ξεμένει η αποθήκη από τα σημαντικά ανταλλακτικά.

**Δεδομένο Νο 2:** Υπάρχουν 7 κατηγορίες ανταλλακτικών που προμηθεύεται ο οργανισμός:

- **Κατηγορία 1:** Οθόνες smartphone OEM
- **Κατηγορία 2:** Οθόνες smartphone OEM A+
- **Κατηγορία 3:** Οθόνες και μηχανισμοί αφής για tablet
- **Κατηγορία 4:** Μπαταρίες (smartphone, tablet και laptop)
- **Κατηγορία 5:** Πίσω όψεις (κυρίως για smartphone και tablet)
- **Κατηγορία 6:** Small parts όπως κάμερες, βάσεις φόρτισης, μικρόφωνα, ηχεία κτλ (κυρίως για smartphone και tablet).
- **Κατηγορία 7:** Λοιπά ανταλλακτικά, (όπως οθόνες για laptop, πληκτρολόγια, καλωδιωταίνιες κτλ.) που γίνονται κατόπιν παραγγελίας.

**Δεδομένο Νο 3:** Στην προμήθεια η εταιρία χρησιμοποιεί περισσότερους από έναν προμηθευτή, έτσι ώστε να υπάρχει πάντα εναλλακτική λύση σε περίπτωση κάποιας ασυμφωνίας. Επίσης, δεν είναι όλοι οι προμηθευτές το ίδιο καλοί στην παραγωγή όλων των ειδών ανταλλακτικών. Έτσι, στα δεκατρία χρόνια λειτουργίας της η εταιρία έχει καταλήξει σε τέσσερεις βασικούς προμηθευτές:

- **Προμηθευτής Α:** Ανταλλακτικά κατηγορίας 1.
- **Προμηθευτής Β:** Ανταλλακτικά κατηγορίας 2.
- **Προμηθευτής Γ:** Ανταλλακτικά κατηγοριών 3, 5 και 6.
- **Προμηθευτής Δ:** Ανταλλακτικά κατηγοριών 4 και 7.

Να σημειωθεί πως η iRepair έχει τις καλύτερες δυνατές τιμές και τις μέγιστες δυνατές εκπτώσεις από όλους τους προμηθευτές, λόγω της πολυετούς της συνεργασίας μαζί τους. Οι τιμές αυτές παρέχονται στον οργανισμό ανεξαρτήτως ποσότητας παραγγελίας.

**Δεδομένο Νο 4:** Τα δεδομένα από το λογισμικό της εταιρίας για τις συνολικές πωλήσεις του 2019 εμφανίζονται στο σύνδεσμο (<https://github.com/03111170/Company-Data-2019.git>) και είναι ενδεικτικά για να εξυπηρετήσουν τους σκοπούς της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Από το πρόγραμμα υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες για το πόσα τεμάχια δόθηκαν από το κάθε ένα SKU ανά μήνα και για το ποσό που εισέπραξε η εταιρία από τις πωλήσεις του κάθε ανταλλακτικού. Είναι προφανές πως τα δεδομένα αυτού του τύπου είναι σε μορφή χρονοσειρών. Επίσης, να σημειωθεί πως ο μηνιαίος ρυθμός ζήτησης θεωρείται σταθερός από τον οργανισμό για κάθε ανταλλακτικό. Αυτό βέβαια, όπως θα γίνει κατανοητό, δεν σημαίνει πως είναι σταθερός και ο ετήσιος ρυθμός ζήτησης. Εποπτικά, τα δεδομένα μπορούν να συνοψιστούν στον ακόλουθο πίνακα:

iRepair 2019	
<b>ΖΗΤΗΣΗ t=1</b>	8.196
<b>ΖΗΤΗΣΗ t=2</b>	7.959
<b>ΖΗΤΗΣΗ t=3</b>	6.900
<b>ΖΗΤΗΣΗ t=4</b>	7.074
<b>ΖΗΤΗΣΗ t=5</b>	8.383
<b>ΖΗΤΗΣΗ t=6</b>	8.382
<b>ΖΗΤΗΣΗ t=7</b>	10.055
<b>ΖΗΤΗΣΗ t=8</b>	9.999
<b>ΖΗΤΗΣΗ t=9</b>	9.177
<b>ΖΗΤΗΣΗ t=10</b>	7.299
<b>ΖΗΤΗΣΗ t=11</b>	6.882
<b>ΖΗΤΗΣΗ t=12</b>	7.753
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ</b>	98.059
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΕΞΟΔΑ</b>	1.611.708,20 €

ΠΙΝΑΚΑΣ 14: Δεδομένα iRepair 2019

**Δεδομένο Νο 5:** Αυτό το δεδομένο συλλέχθηκε μετά την ABC ανάλυση (5.3) και αφορά τους 241 πιο σημαντικούς κωδικούς για την λειτουργία του οργανισμού. Το έτος 2019 έγιναν 96 παραγγελίες σε σύνολο για τους σημαντικότερους κωδικούς. Συγκεκριμένα:

<b>ΜΗΝΑΣ (ΕΤΟΣ 2019)</b>	<b>ΠΛΗΘΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ</b>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	8
ΜΑΡΤΙΟΣ	6
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	6
ΜΑΙΟΣ	7
ΙΟΥΝΙΟΣ	10
ΙΟΥΛΙΟΣ	11
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	9
ΣΕΠΤΕΜΒΡΗΣ	8
ΟΚΤΟΒΡΗΣ	9
ΝΟΕΜΒΡΗΣ	10
ΔΕΚΕΜΒΡΗΣ	8
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΕΣ</b>	<b>96</b>

ΠΙΝΑΚΑΣ 15: Σύνολο Παραγγελιών 2019 (241 πιο Σημαντικοί Κωδικοί)

Να επισημανθεί πως τουλάχιστον μία παραγγελία είναι από κάθε προμηθευτή κάθε μήνα. Συνολικά έχουν γίνει 24 παραγγελίες από κάθε προμηθευτή (δηλαδή ο μέσος όρος είναι 2 παραγγελίες ανά προμηθευτή ανά μήνα).

**Δεδομένο Νο 6:** Σύμφωνα με την διοίκηση, το κόστος απόκτησης κάθε ανταλλακτικού είναι 25% φθηνότερο από το ποσό που πωλείται. Σε αυτό το σημείο να αναφερθεί πως ο (Kimberlee, 2019) στο άρθρο «The Average Profit Margin for Wholesale», γράφει πως ένα λογικό περιθώριο κέρδους στο χονδρεμπόριο είναι 15-20%. Όπου περιθώριο κέρδους είναι  $100\% * (\text{έσοδα} - \text{έξοδα απόκτησης}) / (\text{έσοδα})$ . Η διοίκηση του οργανισμού που μελετάται, εκτιμά πως το 75% των συνολικών εσόδων αποτελούν τα έξοδα απόκτησης όλων των αποθεμάτων. Επίσης, στην εργασία θα θεωρηθεί πως το παραπάνω περιθώριο κέρδους ισχύει για κάθε ανταλλακτικό ξεχωριστά.



**Δεδομένο Νο 7:** Ένα ακόμα δεδομένο αποτελεί το στοιχείο κόστους διατήρησης αποθέματος εκφρασμένο στο ποσοστό  $h$  (2.5.3). Όπως εξηγήθηκε, για υπολογιστικούς λόγους το διακρίνουμε σε (α)κόστος αποθήκευσης, (β)κόστος παλαίωσης και αλλοίωσης, (γ)κόστος απωλειών και (δ)κόστος δέσμευσης κεφαλαίου. Εκτός του ότι ο ακριβής υπολογισμός αυτού του στοιχείου δεν είναι αντικείμενο μελέτης της εργασίας, δεν υπάρχουν διαθέσιμα και τα κατάλληλα δεδομένα για τον υπολογισμό του. Έτσι, η διοίκηση έδωσε ένα εκτιμώμενο ποσοστό για το  $h=20\%$ , που σύμφωνα με το βιβλίο «Διαχείριση Υλικών και Συστήματα Αποθεμάτων» του (Tersine, 1979, p. 20), είναι ένα συνηθισμένο ύψος για το ετήσιο κόστος διατήρησης. Αναλυτικά, από την iRepair το  $h$  υπολογίστηκε ως:

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	6%
ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΛΑΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΛΛΟΙΩΣΗΣ	4%
ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	2%
ΚΟΣΤΟΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ	8%
<b>h</b>	<b>20%</b>

ΠΙΝΑΚΑΣ 16: Αναλυτική Παρουσίαση Ποσοστού  $h$  για το Έτος 2019

Το μέσο απόθεμα διαχείρισης κάθε κωδικού υπολογίζεται από την διοίκηση πως είναι ικανή ποσότητα να καλύψει ενάμιση μήνα πωλήσεων. Αυτό σημαίνει πως αν η ετήσια ζήτηση κάποιου κωδικού είναι 500 τεμάχια το ετήσιο κόστος διατήρησης θα ισούται με:

$$\text{Ετήσιο κόστος διατήρησης} = \frac{500}{12} * 1,5 * (\text{κόστος απόκτησης}) * h, \text{ όπου } h = 0,2$$

**Δεδομένο Νο 8:** Οι μισθοί σύμφωνα με τον οργανισμό είναι ενδεικτικοί:

- Μισθός Υπαλλήλου 1 = 950€ / μήνα
- Μισθός Υπαλλήλου 2 = 700€ / μήνα
- Μισθός Υπευθύνου = 1.200€ / μήνα
- Μισθός Λογιστή = 1.000€ / μήνα

**Δεδομένο Νο 9:** Ο χρόνος χωρίζεται σε 12 μήνες και 52 εβδομάδες. Ο κάθε μήνας έχει 21,67 εργάσιμες ημέρες και η κάθε εβδομάδα 5 εργάσιμες ημέρες. Οι υπάλληλοι εργάζονται 9 ώρες την ημέρα.

**Δεδομένο Νο 10:** Ο χρόνος ανοχής  $t_i$  ισούται με 3 εβδομάδες και θεωρείται σταθερός.

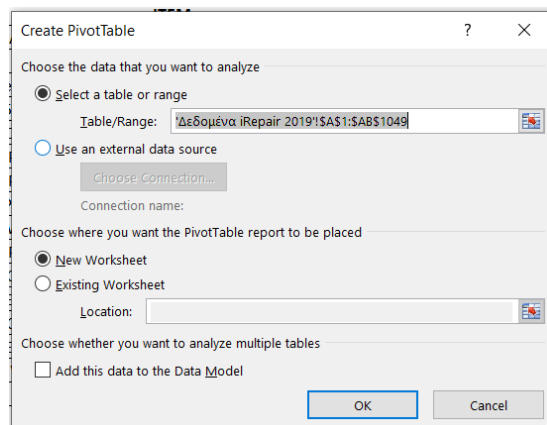
**Δεδομένο Νο 11:** Δεν υπάρχει περιορισμός σε κεφάλαιο που να οδηγεί σε έλλειψη κάποιου αγαθού. Πρώτος στόχος της εταιρίας είναι η άμεση εξυπηρέτηση του πελάτη.

**Δεδομένο Νο 12:** Δεν υπάρχει περιορισμός στον χώρο που πρέπει να χωρέσουν τα αγαθά. Λόγω της μεγάλης ανάπτυξης της εταιρίας, η διοίκηση είναι διατεθειμένη για μεταφορά του τμήματος της αποθήκης σε περίπτωση που ο χώρος δεν καλύπτει τις ανάγκες του οργανισμού.

### 5.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ABC ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΤΗΝ IREPAIR

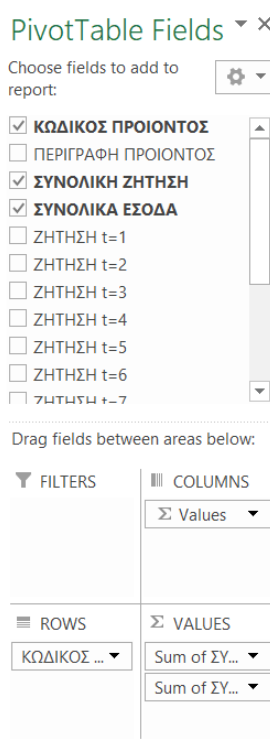
Παρακάτω θα εκτελεστούν τα βήματα όπως αναφέρθηκαν στο (4.1.1). Συγκεκριμένα στα δεδομένα από τον σύνδεσμο (<https://github.com/03111170/Company-Data-2019.git>) εφαρμόστηκαν οι ακόλουθες διαδικασίες με την βοήθεια των «Συγκεντρωτικών Πινάκων» (Pivot Tables) του «Excel» :

- Επιλέγεται ο πίνακας των δεδομένων.
- Στην γραμμή εργασιών του Excel επιλέγεται INSERT->PIVOT TABLE.
- Στο ακόλουθο παράθυρο που θα εμφανιστεί πρέπει να ελεγχτεί αν είναι επιλεγμένος όλος ο πίνακας δεδομένων (με τους τίτλους) και να προσδιοριστεί το σημείο που θα δημιουργηθεί το Pivot Table.



ΣΧΗΜΑ 7: Δημιουργία Συγκεντρωτικών Πινάκων

- Έτσι, εισάγονται οι πληροφορίες με τον τρόπο που θα εξυπηρετήσει την ABC ανάλυση. Στο πεδίο των γραμμών (Rows) εισάγεται ο κωδικός προϊόντος του κάθε SKU και στο πεδίο των τιμών (Values) η συνολική ζήτηση για το 2019 και τα συνολικά έσοδα για το 2019.



ΣΧΗΜΑ 8: Εισαγωγή Μεταβλητών σε Συγκεντρωτικούς Πίνακες

- Στην συνέχεια θα ταξινομηθούν τα αποτελέσματα με βάση την στήλη των εσόδων του 2019, με τρόπο ώστε το ανταλλακτικό με τα περισσότερα έσοδα να βρίσκεται

στην πρώτη θέση και το ανταλλακτικό με τα λιγότερα στην τελευταία. Όπως φαίνεται με κίτρινη σκίαση στο παρακάτω σχήμα επιλέγεται το βελάκι στο Row Labels → more sort options → Descending (Z to A) by → Sum of Συνολικά Έσοδα

Row Labels	Sum of ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ	Sum of ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΕΣΟΔΑ
53831673309577	854	128485,92
1096877153605	940	74969,94
86890635056615	5290	53566,4
44048480852018	5324	51293,6
84428871626958	1293	47581,6
43239459073241	128	38005,24
99694663798715	2342	31668,9
89740429079202	1651	30099,6
71944071846585	1595	27856,9
69212690479756	101	27457,69
9837650547051	2234	25997,4
49494724145491	541	25084,3
90233387261110	647	24949
33156411043770	3169	24608,5
24551326497489	910	23922,8
4081256360145	1722	23139,65
87799645856099	1190	21292,8
10112625370636	740	20806,25
23147718803199	1132	19976,1
91156325776354	256	19881
59100044659241	138	19750,42
27462626456436	199	17706,18

ΣΧΗΜΑ 9: Ταξινόμηση Δεδομένων σε Συγκεντρωτικούς Πίνακες

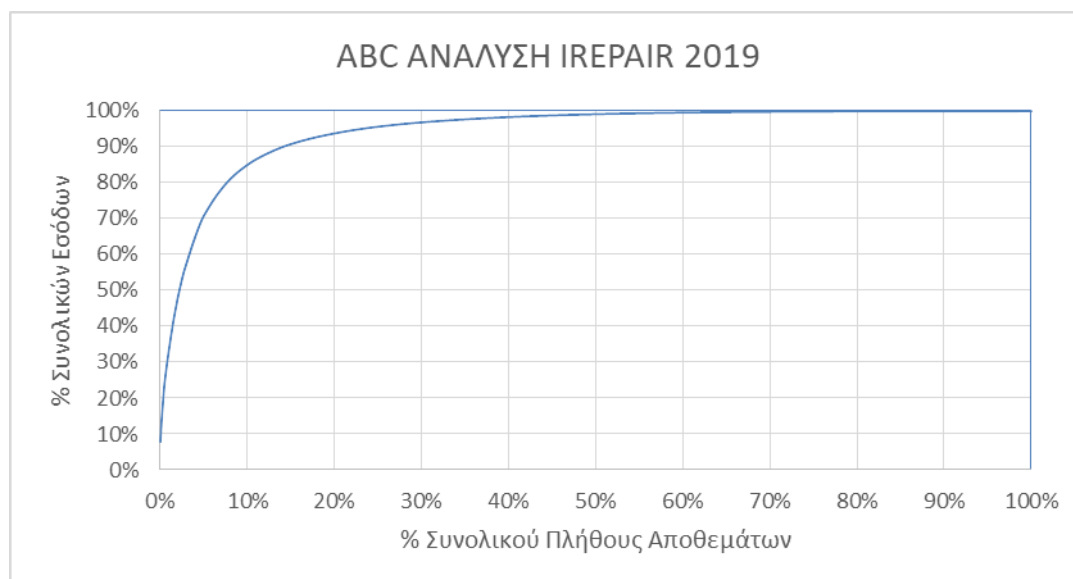
- Οπότε, θέλοντας να εκφραστούν τα αποτελέσματα ποσοστιαία, τοποθετούνται άλλες δύο φορές τα έσοδα στο πεδίο των τιμών και επιλέγεται στην πρώτη στήλη να εκφράζονται ως ποσοστό των συνολικών εσόδων όλων των ανταλλακτικών και στην δεύτερη στήλη να αποτυπώνεται το τρέχον άθροισμα αυτού του ποσοστού. Η επιλογή αυτών γίνεται με δεξί κλικ πάνω σε κάποιο τυχαίο κελί → “ show value as” → “% of grand total” για την πρώτη στήλη και → “ show value as” → “% running total in” για την δεύτερη.
- Έτσι εξάγονται τα τελικά αποτελέσματα της ABC ανάλυση. Πρέπει να σημειωθεί πως το 2019 πωλήθηκαν 1.048 κωδικοί συνολικά, εκ των οποίων μόλις οι 241 αφορούν στο 95,01% των συνολικών εσόδων. Αυτοί οι 241 κωδικοί αποτελούν τους κωδικούς Α και Β τάξης που αναφέρονται στον ομώνυμο πίνακα (ΠΙΝΑΚΑΣ 40: Δεδομένα Α και Β Τάξης iRepair 2019) στο παράρτημα (7).

Τελικά με βάση τα αποτελέσματα ισχύει:

ΠΟΣΟΣΤΑ	Α ΤΑΞΗ	Β ΤΑΞΗ	Γ ΤΑΞΗ	ΣΥΝΟΛΟ
ΠΛΗΘΟΣ SKU %	7,73%	15,27%	77,00%	100,00%
ΕΣΟΔΑ %	80,14%	14,87%	4,99%	100,00%
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ	Α ΤΑΞΗ	Β ΤΑΞΗ	Γ ΤΑΞΗ	ΣΥΝΟΛΟ
ΠΛΗΘΟΣ SKU	81	160	807	1.048
ΕΣΟΔΑ	1.291.622,95 €	239.661,01 €	80.424,24 €	1.611.708,20 €

ΠΙΝΑΚΑΣ 17: Αποτελέσματα ABC Ανάλυσης iRepair 2019

Διαγραμματικά για την iRepair ισχύει:



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: Διάγραμμα ABC Ανάλυσης iRepair 2019

Πρέπει να τονιστεί πως παρατηρείται απόκλιση από τα θεωρητικά νούμερα. Αυτό εξηγείται, λόγω των πολλών ανταλλακτικών που προσφέρουν πολύ λίγο στα έσοδα και λόγω των πολλών κωδικών που προμηθεύονται μόνο για μία φορά κατόπιν παραγγελίας και δεν διατηρείται απόθεμα για αυτά. Σύμφωνα με την διοίκηση, τα ανταλλακτικά που πρέπει να επιθεωρούνται έτσι ώστε να επιτυγχάνονται οι στόχοι της εταιρίας είναι τα Α και Β τάξης. Έτσι, από τους 1.048 κωδικούς, το πρόβλημα αποθεμάτων για τον συγκεκριμένο οργανισμό περιορίζεται στους 241 κωδικούς, δηλαδή μόλις το 23% του αρχικού όγκου. Παράλληλα, έτσι θα διαχειρίζεται το 95,01% του συνολικού τζίρου.

#### 5.4 ΣΥΝΤΟΜΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΖΗΤΗΣΗΣ IREPAIR 2019

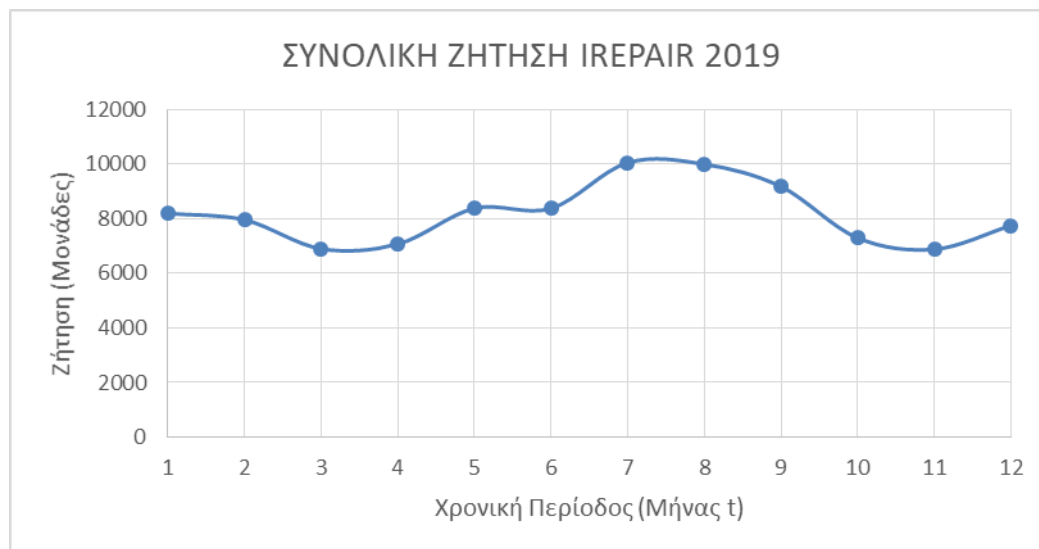
Τα ακόλουθα δεδομένα του οργανισμού που χρησιμοποιήθηκαν είναι σε μορφή χρονοσειρών και αφορούν την ζήτηση όλων των αποθεμάτων ανά μήνα:

ΕΤΟΣ 2019	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	8.196
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	7.959
ΜΑΡΤΙΟΣ	6.900
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	7.074
ΜΑΙΟΣ	8.383
ΙΟΥΝΙΟΣ	8.382
ΙΟΥΛΙΟΣ	10.055
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	9.999
ΣΕΠΤΕΜΒΡΗΣ	9.177
ΟΚΤΟΜΒΡΗΣ	7.299
ΝΟΕΜΒΡΗΣ	6.882
ΔΕΚΕΜΒΡΗΣ	7.753

ΠΙΝΑΚΑΣ 18: Συνολική Ζήτηση iRepair 2019

Πρέπει να υπενθυμιστεί πως ο κυρίαρχος στόχος του υπεύθυνου προμηθειών είναι να παρέχονται όλοι οι υπάρχοντες κωδικοί, όποτε αυτοί ζητώνται. Έτσι, οι παραγγελίες που γίνονται μέχρι τώρα βάση εμπειρίας ήταν τέτοιες ώστε να μην ξεμένει ποτέ η αποθήκη από τα προϊόντα που παρέχει. Για αυτό, με αρκετά μεγάλη σιγουριά μπορεί να υποτεθεί πως η

ζήτηση με τις πωλήσεις ταυτίζονται στα μέχρι τώρα δεδομένα. Ο πιο γρήγορος τρόπος να βγουν τα πρώτα συμπεράσματα είναι να οπτικοποιηθούν τα δεδομένα. Για τα παραπάνω δεδομένα διαγραμματικά ισχύει:



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: Συνολική Ζήτηση iRepair 2019

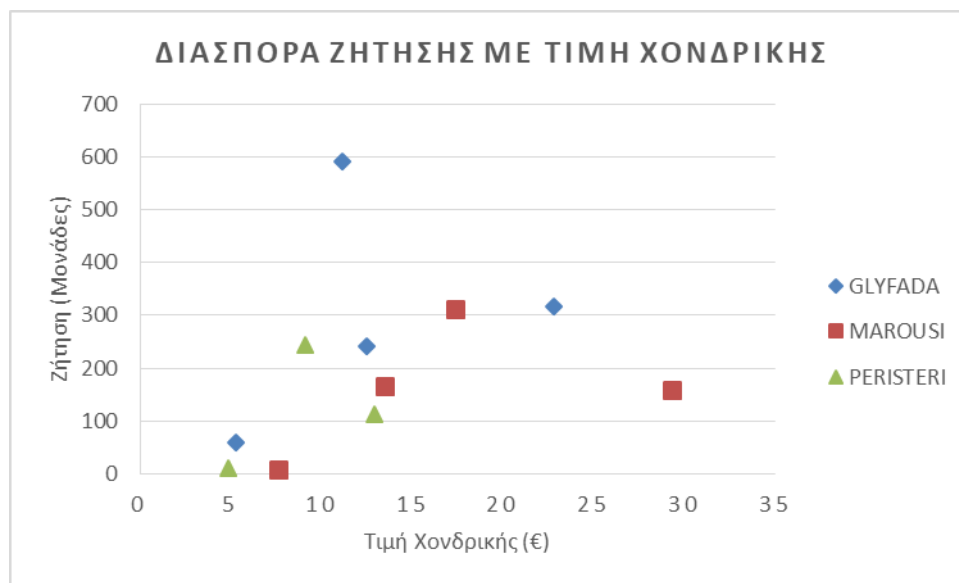
Βάση εμπειρίας της διοίκησης και συζήτησης με όλα τα στελέχη της εταιρίας, είχε αναφερθεί πως η ζήτηση αυξάνεται σημαντικά τους καλοκαιρινούς μήνες. Αυτό είναι εμφανές από την γραφική παράσταση που σύμφωνα με την ενότητα (3.3.3) εμφανίζει εποχιακή συνιστώσα αύξησης της ζήτησης τους μήνες Ιούλιο - Αύγουστο – Σεπτέμβρη. Σύμφωνα με την iRepair αν υπήρχαν δεδομένα και για τα προηγούμενα χρόνια λειτουργίας της εταιρίας θα υπήρχε η ίδια ανοδική πορεία κατά την διάρκεια αυτών των μηνών. Επίσης έχουμε και περιόδους που η ζήτηση πέφτει σημαντικά, τον Μάρτιο – Απρίλιο και Οκτώβρη – Νοέμβρη. Τους υπόλοιπους 5 μήνες η ζήτηση κυμαίνεται πολύ κοντά στην μέση τιμή που είναι  $\frac{Y1+Y2+Y3+Y4+Y5+Y6+Y7+Y8+Y9+Y10+Y11+Y12}{12} = 8.172$  μονάδες.

Ως διαστρωματικά δεδομένα, κατάφεραν να συλλεχθούν μόνο αυτά που αναφέρουν την ζήτηση 11 τυχαίων ανταλλακτικών στα καταστήματα iRepair Γλυφάδα – Μαρούσι – Περιστέρι για το έτος 2019 και ο λόγος που αναφέρονται είναι για να γίνει ξεκάθαρη η διαφοροποίησή τους με τα δεδομένα χρονοσειρών. Στο ακόλουθο πίνακάκι αναφέρονται οι αντίστοιχες τιμές χονδρικής και λιανική πώλησης:

ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΟ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΤΙΜΗ ΧΟΝΔΡΙΚΗΣ	ΤΙΜΗ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ	ΖΗΤΗΣΗ
IPHONE 6 BATTERY	ΓΛΥΦΑΔΑ	11,16 €	45 €	592
IPHONE 6 SCREEN	ΓΛΥΦΑΔΑ	12,48 €	65 €	242
IPHONE 6 SCREEN OEM A+	ΓΛΥΦΑΔΑ	22,77 €	85 €	318
IPHONE 6 DOCK	ΓΛΥΦΑΔΑ	5,25 €	40 €	59
IPHONE 7 BATTERY	ΜΑΡΟΥΣΙ	13,46 €	50 €	167
IPHONE 7 SCREEN	ΜΑΡΟΥΣΙ	17,37 €	75 €	311
IPHONE 7 SCREEN OEM A+	ΜΑΡΟΥΣΙ	29,28 €	105 €	159
IPHONE 7 DOCK	ΜΑΡΟΥΣΙ	7,6 €	55 €	9
IPHONE 5S BATTERY	ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	9,09 €	35 €	244
IPHONE 5S SCREEN	ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	12,88 €	55 €	113
IPHONE 5S DOCK	ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	4,85 €	40 €	10

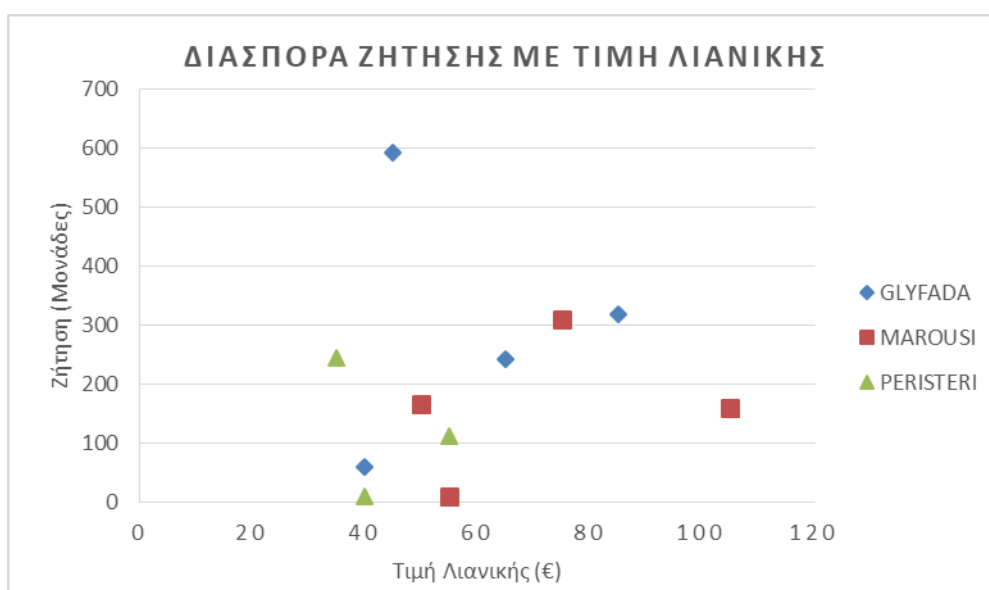
ΠΙΝΑΚΑΣ 19 : «Διαστρωματικά δεδομένα για την ζήτηση 11 ανταλλακτικών της iRepair το έτος 2019»

Τα διαγράμματα που μπορούν να σχηματιστούν για αυτά τα στοιχεία ονομάζονται διαγράμματα διασποράς (3.3.3). Για τα προαναφερθέντα δεδομένα ισχύει:



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7: Διασπορά Ζήτησης με Χονδρική Τιμή ανά Περιοχή Καταστήματος – Έτος 2019

Στα δεδομένα που επιλέχθηκαν το μόνο συμπέρασμα που μπορεί κανείς να εξάγει από την παραπάνω γραφική παράσταση είναι ότι τα ανταλλακτικά με πολύ χαμηλή τιμή χονδρικής έχουν και στις τρεις περιοχές τις Αθήνας μικρή ζήτηση.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8: Διασπορά Ζήτησης με Λιανική Τιμή ανά Περιοχή Καταστήματος - Έτος 2019

Και σε αυτή την γραφική παράσταση δεν μπορούν να βγουν ξεκάθαρα συμπεράσματα. Ίσως μεγαλύτερη σημασία για την ζήτηση έχει το είδος του ανταλλακτικού. Σε περίπτωση όμως που ήταν αναγκαίο να βγουν κάποια συμπεράσματα σύμφωνα με την γραμμική εξάρτηση ή μη εξάρτηση των μεταβλητών θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν οι σχέσεις (ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.5) και (ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.6). Τα πολύ περιορισμένα διαστρωματικά δεδομένα λοιπόν, δεν μπορούν να δώσουν ξεκάθαρη εικόνα της κατάστασης.

Έτσι η όποια μελέτη για την ζήτηση θα γίνει με τις μεθόδους των χρονοσειρών. Από αυτό το σημείο και έπειτα όλα τα δεδομένα ζήτησης θα εκφράζονται με την μορφή χρονοσειρών. Παρόμοια με πριν, για τους Α και Β κωδικούς ισχύει:

ΕΤΟΣ 2019	ΖΗΤΗΣΗ ΚΩΔΙΚΩΝ Α ΚΑΙ Β ΤΑΞΗΣ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	6.172
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	5.886
ΜΑΡΤΙΟΣ	4.806
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	5.213
ΜΑΙΟΣ	5.977
ΙΟΥΝΙΟΣ	5.337
ΙΟΥΛΙΟΣ	8.347
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	7.085
ΣΕΠΤΕΜΒΡΗΣ	7.112
ΟΚΤΟΜΒΡΗΣ	5.915
ΝΟΕΜΒΡΗΣ	5.649
ΔΕΚΕΜΒΡΗΣ	6.291

ΠΙΝΑΚΑΣ 20: Συνολική Ζήτηση Κωδικών Α και Β τάξης iRepair 2019

Και στην περίπτωση των δεδομένων αυτών παρατηρείται πως υπάρχει αύξηση ζήτησης τους καλοκαιρινούς μήνες και μειωμένη ζήτηση του μήνες Μάρτιο – Απρίλιο και Οκτώβρη – Νοέμβρη. Αυτό το γεγονός, υποστηρίζει την ύπαρξη εποχικής συνιστώσας. Διαγραμματικά:



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9: Ζήτηση Κωδικών Α και Β Τάξης iRepair 2019

Έτσι, η ζήτηση των σημαντικών ανταλλακτικών Α και Β τάξης, ως ενιαία οντότητα, παρουσιάζει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά (2.5.2):

- **Ύψος / Μέγεθος:** Η συνολική ποσότητα των κωδικών Α και Β τάξης που πωλήθηκαν το 2019 βρίσκεται αν αθροιστούν οι γραμμές του (ΠΙΝΑΚΑΣ 20: Συνολική Ζήτηση Κωδικών Α και Β τάξης iRepair 2019). Συνολικά ζητήθηκαν 73.790 τεμάχια.
- **Ρυθμός :** Ο ρυθμός δεν είναι σταθερός καθώς η ποσότητα που ζητείται κάθε μήνα δεν είναι η ίδια. Επίσης η ζήτηση παρουσιάζει εποχική συνιστώσα. Παρόλα αυτά οι αποκλίσεις δεν είναι μεγάλες και σύμφωνα με την ενότητα (4.6), υπολογίζοντας τον Silver and Peterson Rule ισχύει:

Από (ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.39) →

$$V = 0,02 < 0,25$$

Αυτό σημαίνει πως ο ρυθμός μπορεί να θεωρηθεί σταθερός και έτσι μπορούν να εφαρμοστούν τα μοντέλα ΕΟQ και ΕΟI που αναφέρθηκαν στο 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο.

- **Μορφή** : Η ζήτηση των ανταλλακτικών θεωρείται ανεξάρτητη. Όπως ειπώθηκε, μπορεί τα ανταλλακτικά που χρησιμοποιούνται να συμμετέχουν στην παραγωγική διαδικασία για την παραγωγή συσκευών, όμως στο επίπεδο επισκευών αντιμετωπίζονται ως τελικά προϊόντα.
- **Διαχρονική Συμπεριφορά**: Η ζήτηση θα θεωρηθεί πως είναι στοχαστική και πως ακολουθεί κανονική κατανομή με μέση τιμή  $E(Z) = \frac{73790}{12} = 6149,17$  και τυπική απόκλιση (ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.4)  $\sigma_Z = 972,25$

Δεν θα χρησιμοποιηθεί ακόμα κάποια μέθοδος πρόβλεψης της ζήτησης, από αυτές που αναλύθηκαν στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο. Αυτό θα γίνει στο επόμενο κεφάλαιο που θα μελετηθεί συγκεκριμένος κωδικός.

### 5.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΕΤΗΣΙΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ Α ΚΑΙ Β ΤΑΞΗΣ SKU IREPAIR 2019

Από το «δεδομένο Νο 3» το κόστος απόκτησης δεν εξαρτάται από την ποσότητα παραγγελίας. Έτσι σύμφωνα με την ενότητα (2.5.3), για να υπολογιστεί το συνολικό κόστος διαχείρισης  $C_T$  των αποθεμάτων Α και Β κλάσης πρέπει να υπολογιστεί το συνολικό κόστος παραγγελιών  $C_P$ , το συνολικό κόστος διατήρησης  $C_\Delta$  και το συνολικό κόστος έλλειψής τους. Έτσι:

**ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ:** Το κόστος μίας τετράδας (μία παραγγελία από κάθε προμηθευτή) παραγγελιών είναι το άθροισμα ενός σταθερού κόστους και ενός κόστους που είναι ανάλογο με την ποσότητα των κωδικών που παραγγέλλονται, στην συγκεκριμένη περίπτωση  $m = 241$ . Χωρίζεται σε τέσσερις φάσεις, οι οποίες θα υποδείξουν το  $C_{OR} = C_{OR1} + mC_{OR2}$  :

- **Φάση 1<sup>η</sup>** : Είναι η καταμέτρηση στην οποία συμμετέχουν οι δύο υπάλληλοι της αποθήκης για 3 εργάσιμες μέρες από τις 21,67 συνολικά του μήνα.
- **Φάση 2<sup>η</sup>** : Είναι η έκδοση της παραγγελίας, όπου ο υπεύθυνος εργάζεται 4 από τις 21,67 μέρες.
- **Φάση 3<sup>η</sup>** : Είναι η διαδικασία πληρωμής των παραγγελιών. Για αυτή απαιτείται η συλλογή τιμολογίων και η πληρωμή των προμηθευτών μέσω τραπεζικού εμβάσματος. Ο λογιστής της εταιρίας εργάζεται 1 ώρα με στόχο την διεκπεραίωση της παραγγελίας και από τους τέσσερις προμηθευτές.
- **Φάση 4<sup>η</sup>** : Είναι η παραλαβή και ο ποιοτικός έλεγχος της παραγγελίας. Ο υπεύθυνος δουλεύει δύο ημέρες, οι δύο υπάλληλοι τέσσερις μέρες και ο λογιστής μία ώρα.

Επίσης λόγω του ό,τι οι προμηθευτές είναι εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην πληρωμή υπάρχει ο φόρος μεταφοράς εμβάσματος, που είναι περίπου 30€ ανά παραγγελία και κατά την άφιξη κάθε παραγγελίας στην Ελλάδα υπάρχει σταθερή πληρωμή 120€ για τον εκτελωνιστή. Τα δεδομένα Α και Β τάξης αποτελούνται από κωδικούς που προμηθεύονται από τους τέσσερις προμηθευτές που αναφέρθηκαν στο «Δεδομένο Νο 3». Αυτό σημαίνει πως το ποσό των 150€ (120€ + 30€) πολλαπλασιάζεται επί 4 σε κάθε απόφαση παραγγελίας για όλα τα είδη.



Σαν σταθερό κόστος παραγγελίας  $C_{OR1}$  ανεξαρτήτως των ειδών που θα παραγγελθούν είναι τα 600€ για τα εκτελωνιστικά έξοδα και τα έξοδα τραπεζικών εμβασμάτων και 10,25€ από την εργασία του λογιστή στην 3<sup>η</sup> και 4<sup>η</sup> φάση της διαδικασίας. Τα υπόλοιπα  $\frac{3}{21,67}(950 + 700) + \frac{4}{21,67}1200 + \frac{2}{21,67}1200 + \frac{4}{21,67}(950 + 700) = 865,26€$  από τις τέσσερις φάσεις είναι σύμφωνα με την διοίκηση αναλογικά του πλήθους διαχείρισης των κωδικών. Επομένως, στην περίπτωση διαχείρισης του 23% το  $mC_{OR2}=23\% * 865,26 €$

Οπότε συνολικά ισχύει:

$$C_{OR} = (600 + 10.25)€ + (23\% * 865.26) = 809.26€$$

Επομένως το συνολικό κόστος παραγγελιών είναι (για την τετράδα προμηθευτών) :

$$C_{\Pi} = \frac{96}{4} * C_{OR} = 19.422,24€$$

Η επιλογή προσκόμισης ανταλλακτικών αποτελεί κανόνα από τον ίδιο τον οργανισμό, για τους λόγους που αναφέρθηκαν στο «Δεδομένο Νο 3». Έτσι, πρέπει να γίνει ξεκάθαρο πως ο υπολογισμός της παραγγελίας  $C_{OR}$  γίνεται και για τους τέσσερις προμηθευτές.

**ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ:** Το ετήσιο κόστος διατήρησης για  $m=241$  είναι σύμφωνα με το «δεδομένο Νο 7» :

$$C_{\Delta} = \frac{1,5}{12} * 0,2 * \sum_{i=1}^m C_i Z_i = \left( \frac{1,5}{12} * 0,2 * 0,75 * 0,9501 * 1.611.708,2 \right) € = 28.711,57€$$

**ΚΟΣΤΟΣ ΕΛΛΕΙΨΗΣ:** Το κόστος έλλειψης είναι μηδενικό για τους Α και Β κωδικούς. Από το 1<sup>ο</sup> και το 11<sup>ο</sup> δεδομένο, γίνεται ξεκάθαρη η ανάγκη για άμεση παροχή ανταλλακτικών, για αυτό και στο 7<sup>ο</sup> δεδομένο αναφέρεται πως το μέσο απόθεμα που υπολογίζεται πως είναι σε στοκ είναι για 1,5 μήνα λειτουργίας της αποθήκης.

**ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ:** Το συνολικό ετήσιο κόστος διαχείρισης ισούται:

$$C_T = C_{\Delta} + C_{\Pi} + C_E = 48.133,81€$$

Στον επόμενο πίνακα συνοπτικά ισχύει:

ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Α ΚΑΙ Β ΤΑΞΗΣ ΚΩΔΙΚΩΝ iREPAIR 2019			
ΤΑΞΗ Α ΚΑΙ Β	ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ	ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
241 ΚΩΔΙΚΟΙ	28.711,57€	19.422,24€	48.133,81€

ΠΙΝΑΚΑΣ 21: Παρουσίαση Κατάστασης Α και Β Τάξης Ανταλλακτικών iRepair 2019

### 5.6 ΣΧΟΛΙΑ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στόχος αυτής της ενότητας είναι να σχολιαστεί η υπάρχουσα κατάσταση λειτουργίας του οργανισμού, πάντα όσον αφορά τα Α και Β τάξης SKU. Με την γενική αυτή αρχική ανάλυση, μπορούν να εντοπιστούν τρία βασικά προβλήματα. Το πρώτο αφορά την χρήση τεσσάρων προμηθευτών, η οποία αυξάνει σημαντικά το συνολικό κόστος μαζικών παραγγελιών. Το δεύτερο εστιάζεται στις πολλαπλές παραγγελίες που γίνονται από τον κάθε προμηθευτή, συγκεκριμένα 24 τον χρόνο ανά προμηθευτή, οι οποίες αυξάνουν σημαντικά το συνολικό κόστος διαχείρισης. Τέλος, το τρίτο πρόβλημα, αφορά το κόστος διατήρησης που είναι αρκετά υψηλό. Ενώ το κόστος έλλειψης είναι μηδενικό, λόγω της απουσίας κάποιου μοντέλου διαχείρισης, δεν υπάρχει σωστός προγραμματισμός για τις ποσότητες που πρέπει

να παραγγέλνονται γεγονός που αυξάνει σημαντικά το περιττό απόθεμα στα ράφια της αποθήκης.

Για το πρώτο πρόβλημα δεν μπορεί να δοθεί κάποια λύση, καθώς η παραγγελία του κάθε είδους από τον αντίστοιχο προμηθευτή αποτελεί κανόνα του οργανισμού. Όσον αφορά τη λύση του δεύτερου και του τρίτου προβλήματος που αναφέρθηκαν όμως, η λύση τους βρίσκεται στην επιλογή του κατάλληλου μοντέλου διαχείρισης αποθεμάτων. Στην μακροσκοπική ανάλυση που προηγήθηκε, αναφέρθηκε πως η ζήτηση των Α και Β τάξης αγαθών είναι ανεξάρτητη και στοχαστική, ενώ παράλληλα καλύπτεται η συνθήκη  $V < 0,25$ . Επίσης, στην ανάλυση των στοιχείων κόστους παρατηρεί κανείς το υψηλό κόστος  $C_{OR}$ , γεγονός που εξυπηρετεί την ταυτόχρονη παραγγελία πολλών κωδικών. Με αυτά ως δεδομένα, κατάλληλο μοντέλο διαχείρισης αποθεμάτων Α και Β τάξης, με βάση αυτά που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο (4) είναι ένα στοχαστικό σύστημα περιοδικής επιθεώρησης για πολλά είδη.

## **6 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ IREPAIR – ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΥΣΕΩΝ**

### 6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΥΣΕΩΝ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφέρθηκε πως κατάλληλο σύστημα για την iRepair, αποτελεί ένα μοντέλο ανεξάρτητης ζήτησης, στοχαστικής συμπεριφοράς, περιοδικής επιθεώρησης για πολλά είδη. Όπως ήδη έχει γίνει κατανοητό στην ανάλυση μοντέλων ανεξάρτητης ζήτησης και στοχαστικής συμπεριφοράς (4.3), η μεθοδολογία χωρίζεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο θεωρείται πως η ζήτηση έχει γνωστή κατανομή με μέση τιμή  $E(Z)$  και διασπορά  $\sigma_z^2$  και υπολογίζεται ο βέλτιστος αριθμός παραγγελιών με την θεώρηση πως το κόστος έλλειψης είναι μηδενικό. Στο δεύτερο στάδιο υπολογίζεται το απόθεμα ασφαλείας κάθε κωδικού, επιλέγοντας ένα κατάλληλο επίπεδο εξυπηρέτησης για τον οργανισμό. Τότε, μπορεί να υπολογιστεί η ποσότητα  $M$ , η οποία τελικά θα υποδείξει την ποσότητα παραγγελίας για κάθε SKU. Για την iRepair θα ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία:

- Αρχικά θα εφαρμοστεί το σύστημα ανεξάρτητης ζήτησης και καθοριστικής συμπεριφοράς EOI – πολλά είδη (4.2.2.2). Στην ουσία θεωρώντας πως η ζήτηση είναι γνωστή (δεν έχει ενδιαφέρον να μελετηθεί το απόθεμα ασφαλείας σε αυτή την περίπτωση που μελετώνται όλοι οι κωδικοί σαν μία οντότητα) και σταθερή (ικανοποιείται το  $V < 0.25$ ) είναι επιθυμητό να υπολογιστεί ο βέλτιστος αριθμός παραγγελιών ή αλλιώς το βέλτιστο χρονικό διάστημα μεταξύ παραγγελιών.
- Σε δεύτερη φάση, πρέπει να ελεγχθούν τα χαρακτηριστικά της ζήτησης κάθε κωδικού ξεχωριστά. Αν η ζήτηση καλύπτει το κριτήριο Silver and Peterson Rule, τότε ο ρυθμός της μπορεί να θεωρηθεί σταθερός και να εφαρμοστεί η (ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.35)-  

$$M = E(Z)(T_0 + t_L) + k\sigma_z\sqrt{(T_0 + t_L)}$$
 με  $T_0$  το βέλτιστο χρονικό διάστημα που υπολογίστηκε πριν,  $E(Z)$  την μέση τιμή και  $\sigma_z$  την τυπική απόκλιση. Στην περίπτωση που ο ρυθμός της ζήτησης δεν καλύπτει αυτό το κριτήριο πρέπει να προβλεφθεί με κατάλληλο τρόπο η ζήτηση (3). Έτσι θα μπορεί να υπολογιστεί το  $M$ , με  $E(Z)$  το αποτέλεσμα της πρόβλεψης και  $\sigma_z$  το μέσο απόλυτο σφάλμα της πρόβλεψης (ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 3.2). Για τους σκοπούς της εργασίας, η προαναφερθείσα μελέτη θα γίνει για έναν κωδικό, με σκοπό να τονιστεί η σημασία των μοντέλων πρόβλεψης ζήτησης. Στην ουσία το  $M$  θα καθορίσει την ποσότητα παραγγελία συμπεριλαμβανομένου του αποθέματος ασφαλείας.
- Τέλος, θα γίνει σύγκριση του μοντέλου ανεξάρτητης ζήτησης και καθοριστικής συμπεριφοράς EOI – πολλά είδη (4.2.2.2) με την υπάρχουσα κατάσταση. Να σημειωθεί πως η μόνη διαφορά του συστήματος αυτού με το προτεινόμενο σύστημα στοχαστικής συμπεριφοράς είναι το απόθεμα ασφαλείας. Ο υπολογισμός του αποθέματος ασφαλείας όμως και για τους 241 κωδικούς ξεφεύγει από το πλαίσιο ενδιαφέροντος της εργασίας.

### 6.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΜΕ ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ EOI – ΠΟΛΛΑ ΕΙΔΗ (4.2.2.2) - Α ΚΑΙ Β ΤΑΞΗΣ ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΑ IREPAIR 2019

Αρχικά θα συγκεντρωθούν όλα τα δεδομένα που χρειάζονται για τον υπολογισμό του τύπου

$$(ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.19) \rightarrow T_0 = \sqrt{\frac{2(C_{OR1} + mC_{OR2})}{h \sum_{i=1}^m Z_i C_i}}$$

- Το  $C_{OR} = C_{OR1} + mC_{OR2} = 809,26€$  και έχει ήδη υπολογιστεί.
- Το  $\sum_{i=1}^m Z_i C_i$  θα υπολογιστεί ως εξής. Η συνολική ζήτηση των Α και Β για το 2019 είναι 73790 ανταλλακτικά. Τα έσοδα για αυτά είναι το 95,01% των συνολικών εσόδων.

Επίσης το κόστος απόκτησής τους αποτελεί το 75% των συνολικών τους εσόδων (Δεδομένο 6). Έτσι, το  $\sum_{i=1}^m Z_i C_i = 0,9501 * 0,75 * 1.611.708,20 = 1.148.462,97$

- Το  $h=0,2$  και έχει δοθεί ως (Δεδομένο No 7) από την iRepair.

$$\text{Από την (ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.19)} \rightarrow T_0 = \sqrt{\frac{2(C_{OR1} + mC_{OR2})}{h \sum_{i=1}^m Z_i C_i}} = \sqrt{\frac{2*809,26}{0,2*1.148.462,97}} = 0,084 \text{ έτη}$$

Έτσι ο βέλτιστος αριθμός των περιόδων επιθεώρησης ανά έτος είναι  $n_o = \frac{1}{T_o} = 11,91$ . Πρακτικά δηλαδή, η βέλτιστη συχνότητα παραγγελιών σε περίπτωση ομαδοποιημένων παραγγελιών είναι μία φορά τον μήνα από τον κάθε προμηθευτή. Το συνολικό ετήσιο κόστος διαχείρισης από την (ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.18) ισούται:

$$C_T = \frac{(C_{OR1} + mC_{OR2})}{T} + \frac{1}{2}Th \sum_{i=1}^m Z_i C_i + C_E = \frac{809,26}{0,084} + \frac{1}{2} * 0,084 * 0,2 * 1.148.172,4 + 0 = \text{€}$$

Τελικά μετά την χρήση του μοντέλου η εικόνα της iRepair για την χρονιά 2019 θα ήταν:

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙREPAIR 2019 – ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ			
A & B ΤΑΞΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΤΗΡΙΣΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ	ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
241 ΚΩΔΙΚΟΙ	9.644,65€	9.634,05€	19.278,70€

ΠΙΝΑΚΑΣ 22: Παρουσίαση Κατάστασης Μετά την Εφαρμογή του Συστήματος Ανεξάρτητης Ζήτησης με Καθοριστική Συμπεριφορά, Περιοδικής Επιθεώρησης ΕΟΙ – Πολλά Είδη (4.2.2.2) Α και Β Τάξης Ανταλλακτικών iRepair 2019

### 6.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΟΥ ΜΕ ΚΩΔΙΚΟ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ: 53831673309577

Μελετώντας τα δεδομένα του συνδέσμου (<https://github.com/03111170/Company-Data-2019.git>) παρατηρείται πως για το έτος 2019 οι περισσότεροι κωδικοί της Α και Β κλάσης δεν καλύπτουν το κριτήριο Silver and Peterson rule. Ο υπολογισμός του V για κάθε ανταλλακτικό υπολογίστηκε με την βοήθεια του «Excel». Τα συνολικά αποτελέσματα είναι:

ΠΛΗΘΟΣ ΚΩΔΙΚΩΝ ΠΟΥ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΘΕΩΡΗΘΕΙ ΣΤΑΘΕΡΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΖΗΤΗΣΗΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΚΩΔΙΚΩΝ ΠΟΥ ΔΕΝ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΘΕΩΡΗΘΕΙ ΣΤΑΘΕΡΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΖΗΤΗΣΗΣ
84	157

ΠΙΝΑΚΑΣ 23: Εφαρμογή Κριτηρίου  $V < 0,25$  σε Α και Β τάξης ανταλλακτικά iRepair 2019

Σύμφωνα με την ενότητα (4.6), βγαίνει το συμπέρασμα πως για τα 157 ανταλλακτικά που δεν καλύπτουν την συνθήκη  $V < 0,25$ , τα συστήματα ΕΟQ και ΕΟΙ δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε ορίζοντα ενός χρόνου. Όμως, σύμφωνα με ίδια ενότητα (4.6) και την θεώρηση του οργανισμού πως ο ρυθμός για τη μηνιαία ζήτηση θεωρείται σταθερός, μπορεί να εφαρμοστεί η προτεινόμενη στοχαστική μέθοδος ΕΟΙ - πολλά είδη για τον μηνιαίο υπολογισμό του M για καθένα από αυτά τα ανταλλακτικά, χρησιμοποιώντας κατάλληλες μεθόδους πρόβλεψης. Στόχος της παρούσας ενότητας είναι να επιλεγεί το κατάλληλο μοντέλο πρόβλεψης της ζήτησης του επόμενου μήνα για έναν κωδικό, με σκοπό να τονιστεί η σημασία πρόβλεψης της ζήτησης. Ο κωδικός αυτός επιλέχθηκε ως το SKU που προσφέρει τα περισσότερα έσοδα στον οργανισμό. Αυτό είναι το «IPHONE X SCREEN OEM A+ BLACK GP-330: Προμηθευτής Α και κωδικός προϊόντος – 53831673309577».

Να ξεκαθαριστεί πως σε περίπτωση που η ζήτηση του ανταλλακτικού καλύπτει τον Silver and Peterson Rule, αρκεί να χρησιμοποιηθεί ο μέσος όρος ως πρόβλεψη για τον επόμενο μήνα. Παρόλα αυτά, κάτι τέτοιο δεν είναι δεσμευτικό, αντίθετα πιθανότατα από τις μεθόδους του 3<sup>ου</sup> κεφαλαίου, μπορεί να υπάρχει πιο αποδοτική μέθοδος πρόβλεψης. Αν δεν καλύπτεται το κριτήριο, τότε σίγουρα πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια μέθοδος πρόβλεψης της ζήτησης για τον επόμενο μήνα. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου θα γίνει σύμφωνα με τα κριτήρια της ενότητας (3.6). Για τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης μελέτης τα στάδια πρόβλεψης της ζήτησης είναι (3.3.1):

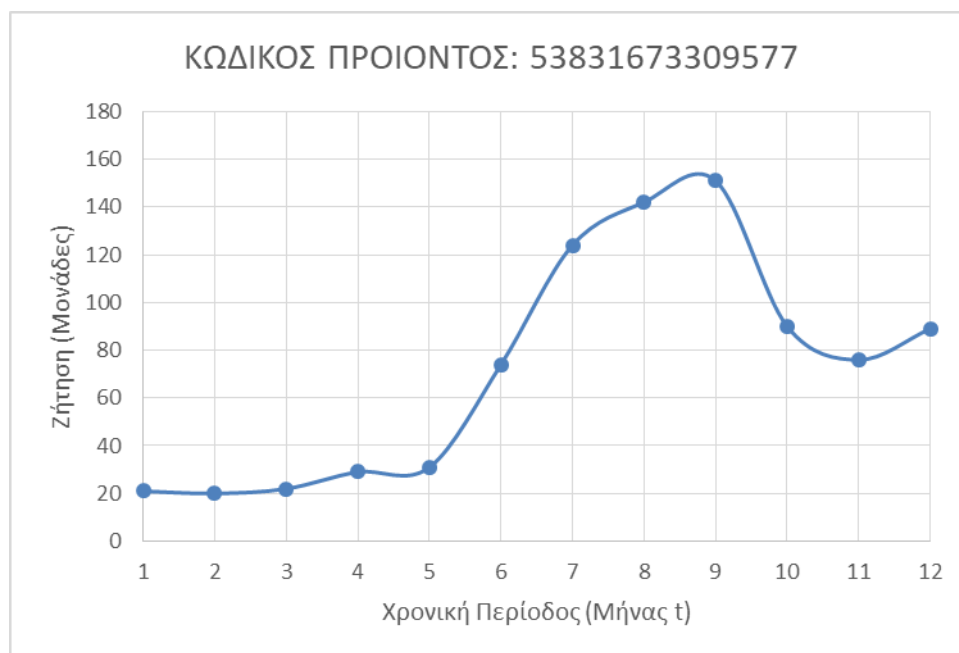
- **1<sup>ο</sup> Στάδιο:** Στην εταιρία που μελετάται, χρειάζεται να προβλεφθεί η ζήτηση των προϊόντων, με σκοπό να διατηρείται το επιθυμητό επίπεδο αποθεμάτων. Το επίπεδο ακρίβειας είναι σημαντικό καθώς όσο πιο μικρό είναι το επίπεδο ακρίβειας, τόσο πιο μεγάλο θα πρέπει να είναι το απόθεμα ασφαλείας και έτσι τόσο πιο κοστοβόρα η συνολική διαχείριση αποθεμάτων (3.3.1).
- **2<sup>ο</sup> Στάδιο:** Σύμφωνα με τα διοικητικά στελέχη της εταιρίας, ο χρονικός ορίζοντας των προβλέψεων είναι μικρός. Συγκεκριμένα, μόλις εισάγονται στο σύστημα της πρόβλεψης νέα δεδομένα (δηλαδή η πραγματική ζήτηση στο τέλος της περιόδου  $t$ ), αναζητείται μια προβλεπόμενη τιμή ζήτησης για την επόμενη περίοδο  $t+1$ .
- **3<sup>ο</sup> Στάδιο:** Όλα τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν στην συνέχεια, έχουν συγκεντρωθεί από την πλατφόρμα που χρησιμοποιεί η εταιρία και είναι σε μορφή χρονοσειρών.
- **4<sup>ο</sup> Στάδιο:** Το τέταρτο στάδιο αφορά στην προκαταρκτική ανάλυση και διερεύνηση των δεδομένων. Αυτό το στάδιο θα αναλυθεί στην συνέχεια.
- **5<sup>ο</sup> Στάδιο:** Η εφαρμογή των κατάλληλων μαθηματικών προτύπων, βάση των δεδομένων θα γίνει ακολούθως.
- **6<sup>ο</sup> Στάδιο:** Η αξιολόγηση των μοντέλων θα γίνεται στο τέλος της εφαρμογής των διάφορων μεθόδων.

Για το ανταλλακτικό «IPHONE X SCREEN OEM A+ BLACK GP-330 (ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577)», αρχικά θα ελεγχθεί αν  $V < 0,25$ . Για το συγκεκριμένο SKU  $\rightarrow V = 0,41$ . Οπότε είναι υποχρεωτικό να βρεθεί κατάλληλη μέθοδος πρόβλεψης. Στον ακόλουθο πίνακα αναφέρονται τα δεδομένα της μηνιαίας ζήτησης για το έτος 2019 του ανταλλακτικού με κωδικό 53831673309577:

ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 5383167330957	
ΜΗΝΑΣ - t	ΖΗΤΗΣΗ 2019 – $Y_t$
1	21
2	20
3	22
4	29
5	31
6	74
7	124
8	142
9	151
10	90
11	76
12	89

ΠΙΝΑΚΑΣ 24: Ζήτηση Κωδικού 5383167330957 - iRepair 2019

Με βάση αυτά τα δεδομένα η γραφική παράσταση έχει ως εξής:



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10: Ζήτηση κωδικού 5383167330957 – iRepair 2019

Από την γραφική παράσταση είναι εμφανές πως υπάρχει συνιστώσα εποχικότητας και συνιστώσα τάσης. Συγκεκριμένα παρατηρείται μια συνολική ανοδική πορεία της ζήτησης και μία έντονη αύξηση της ζήτησης τους καλοκαιρινούς μήνες.

Για την εκτέλεση του κατάλληλου προτύπου, χρήσιμο είναι να ανατρέξει κανείς στην ενότητα (3.3.2), που αναφέρει τα πιο βασικά κριτήρια επιλογής μεθόδου με βάση τους (Shim & Siegel, 1999). Έτσι ένας από τους παράγοντες που πρέπει να ληφθεί υπόψιν πριν την εφαρμογή των μεθόδων είναι αυτός των διαθέσιμων δεδομένων. Στη συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης, που υπάρχουν μόνο τα δεδομένα ζήτησης για το 2019 σε μορφή χρονοσειρών, από όλα τα συστήματα που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο (3), μπορούν να εφαρμοστούν τα :

- Ζήτηση Τελευταίας Περιόδου
- Όλα τα μοντέλα μέσω όρων
- Απλή Εκθετική Εξομάλυνση
- Απλή Εκθετική Εξομάλυνση με Αναπροσαρμογή του  $\alpha$
- Εκθετική Εξομάλυνση με Γραμμική Τάση

Να σημειωθεί πως, αν και τα δεδομένα εμφανίζουν συνιστώσα εποχικότητας, δεν μπορούν να εφαρμοστούν οι αντίστοιχες μέθοδοι, καθώς για την εκτέλεσή τους απαιτούνται τα δεδομένα ενός ολόκληρου χρόνου και από το επόμενο σημείο και έπειτα εκτελούνται οι προβλέψεις. Έτσι, ακόμα και να εκτελεστεί μία πρόβλεψη δεν θα μπορεί να αξιολογηθεί κατάλληλα. Τέλος οι προβλέψεις με την μέθοδο της παλινδρόμησης δεν εξυπηρετούν την ανάλυση χρονοσειρών σε αυτή την περίπτωση. Έτσι, ακολούθως θα εκτελεστούν με την σειρά τα μοντέλα που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

**6.3.1 ΖΗΤΗΣΗ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ - ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577**

Η μέθοδος αυτή αναλύθηκε στην ενότητα (3.4.1). Για την εφαρμογή της χρησιμοποιήθηκε το «Microsoft Excel» και οι τιμές του (ΠΙΝΑΚΑΣ 24: Ζήτηση Κωδικού 5383167330957 - iRepair 2019). Παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα της μεθόδου για το συγκεκριμένο SKU:

<b>ΖΗΤΗΣΗ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ</b>			
ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577			
ΕΤΟΣ 2019			
t	$D_{t+1} = Y_t$	$e_t = Y_t - D_t$	$PE_t = \frac{Y_t - D_t}{Y_t} 100$
1	-	-	-
2	21	-1	-5,00%
3	20	2	9,09%
4	22	7	24,14%
5	29	2	6,45%
6	31	43	58,11%
7	74	50	40,32%
8	124	18	12,68%
9	142	9	5,96%
10	151	-61	-67,78%
11	90	-14	-18,42%
12	76	13	14,61%
<b>ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΡΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ</b>			
ΜΕΣΟ ΣΦΑΛΜΑ	$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$		6,18
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΛΑ	$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  e_t $		20,00
ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$		808,91
ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t$		7,29%
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  PE_t $		23,87%
$\text{Σήμα επίδοσης} = \frac{\sum_{t=1}^n Y_t - D_t}{MAE}$	Το σήμα επίδοσης συχνά κυμαίνεται από $\pm 3$ έως $\pm 8$		3,40
<i>Μέθοδος Διαγραμμάτων Ελέγχου <math>\rightarrow \pm 3\sqrt{MSE}</math></i>			85,32

ΠΙΝΑΚΑΣ 25: Αποτελέσματα Ζήτησης Τελευταίας Περιόδου για το SKU: 53831673309577 – iRepair 2019

Η εφαρμογή της μεθόδου δεν παρουσιάζει κάποια δυσκολία, οπότε δεν χρειάζεται κάποια περαιτέρω διευκρίνιση. Να σημειωθεί πως για την σύγκριση των μεθόδων στην συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης θα χρησιμοποιηθούν τα τρία τελευταία μέτρα ακρίβειας. Το MAPE είναι 23,87% και οι δύο τελευταίοι έλεγχοι είναι έγκυροι, σύμφωνα με τους (Shim & Siegel, 1999).

**6.3.2 ΑΠΛΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ - ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577**

Η μέθοδος αυτή αναλύθηκε στην ενότητα (3.4.2.1). Για την εφαρμογή της χρησιμοποιήθηκε το «Microsoft Excel» και οι τιμές του (ΠΙΝΑΚΑΣ 24: Ζήτηση Κωδικού 5383167330957 - iRepair 2019). Παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα της μεθόδου για το συγκεκριμένο SKU:



<b>ΑΠΛΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ</b>			
ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577			
ΕΤΟΣ 2019			
t	$D_{t+1} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t Y_i$	$e_t = Y_t - D_t$	$PE_t = \frac{Y_t - D_t}{Y_t} 100$
1	-	-	-
2	21,00	-1,00	-5,00%
3	20,50	1,50	6,82%
4	21,00	8,00	27,59%
5	23,00	8,00	25,81%
6	24,60	49,40	66,76%
7	32,83	91,17	73,52%
8	45,86	96,14	67,71%
9	57,88	93,13	61,67%
10	68,22	21,78	24,20%
11	70,40	5,60	7,37%
12	70,91	18,09	20,33%
<b>ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΡΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ</b>			
ΜΕΣΟ ΣΦΑΛΜΑ	$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$		35,62
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  e_t $		35,80
ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$		2693,78
ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t$		34,25%
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  PE_t $		35,16%
Σήμα επίδοσης = $\frac{\sum_{t=1}^n Y_t - D_t}{MAE}$	Το σήμα επίδοσης συχνά κυμαίνεται από ±3 έως ±8		10,94
Μέθοδος Διαγραμμάτων Ελέγχου → $\pm 3\sqrt{MSE}$			155,70

ΠΙΝΑΚΑΣ 26: Αποτελέσματα Απλού Μέσου Όρου για το SKU: 53831673309577 – iRepair 2019

Σε αυτή την περίπτωση, η πρόβλεψη είναι σε πολύ χειρότερα επίπεδα από ότι προηγουμένως. Αυτό σημαίνει πως η μέθοδος του απλού μέσου όρου δεν μπορεί να χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη του συγκεκριμένου SKU. Η εφαρμογή της μεθόδου δεν παρουσιάζει καμία δυσκολία.

### 6.3.3 ΚΙΝΗΤΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ k ΠΕΡΙΟΔΩΝ - ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577

Το μοντέλο αυτό αναλύθηκε στην ενότητα (3.4.2.2). Για την εφαρμογή της χρησιμοποιήθηκε το «Microsoft Excel» και οι τιμές του (ΠΙΝΑΚΑΣ 24: Ζήτηση Κωδικού 5383167330957 - iRepair 2019). Παρακάτω θα εφαρμοστεί η μέθοδος για k=2 και k=3 (όπως επισημάνθηκε η επιλογή για το k γίνεται πειραματικά).

Για k=2 ισχύει:

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΑΜΕΣΩΝ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ k ΠΕΡΙΟΔΩΝ			
ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ: 53831673309577			
ΕΤΟΣ 2019			
	k=	2	
t	$D_{t+1} = \frac{1}{k} \sum_{i=t-k+1}^t Y_i$	$e_t = Y_t - D_t$	$PE_t = \frac{Y_t - D_t}{Y_t} 100$
1	-	-	-
2	-	-	-
3	20,50	1,50	6,82%
4	21,00	8,00	27,59%
5	25,50	5,50	17,74%
6	30,00	44,00	59,46%
7	52,50	71,50	57,66%
8	99,00	43,00	30,28%
9	133,00	18,00	11,92%
10	146,50	-56,50	-62,78%
11	120,50	-44,50	-58,55%
12	83,00	6,00	6,74%
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΡΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ			
ΜΕΣΟ ΣΦΑΛΜΑ	$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$	9,65	
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  e_t $	29,85	
ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$	1452,63	
ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t$	9,69%	
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  PE_t $	33,95%	
Σήμα επίδοσης = $\frac{\sum_{t=1}^n Y_t - D_t}{MAE}$	Το σήμα επίδοσης συχνά κυμαίνεται από ±3 έως ±8	3,23	
Μέθοδος Διαγραμμάτων Ελέγχου → $\pm 3\sqrt{MSE}$		114,34	

ΠΙΝΑΚΑΣ 27: Αποτελέσματα Μέσου Όρου k=2 Περιόδων για το SKU: 53831673309577 – iRepair 2019

Για k=3 ισχύει:

<b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ k ΠΕΡΙΟΔΩΝ</b>			
ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577			
ΕΤΟΣ 2019			
	<b>k=</b>	<b>3</b>	
t	$D_{t+1} = \frac{1}{k} \sum_{i=t-k+1}^t Y_i$	$e_t = Y_t - D_t$	$PE_t = \frac{Y_t - D_t}{Y_t} 100$
1	-	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	21,00	8,00	27,59%
5	23,67	7,33	23,66%
6	27,33	46,67	63,06%
7	44,67	79,33	63,98%
8	76,33	65,67	46,24%
9	113,33	37,67	24,94%
10	139,00	-49,00	-54,44%
11	127,67	-51,67	-67,98%
12	105,67	-16,67	-18,73%
<b>ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΡΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ</b>			
ΜΕΣΟ ΣΦΑΛΜΑ	$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$	14,15	
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  e_t $	40,22	
ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$	2185,38	
ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t$	12,04%	
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  PE_t $	43,40%	
$\text{Σήμα επίδοσης} = \frac{\sum_{t=1}^n Y_t - D_t}{MAE}$	Το σήμα επίδοσης συχνά κυμαίνεται από ±3 έως ±8	3,17	
<i>Μέθοδος Διαγραμμάτων Ελέγχου → ±3√MSE</i>		140,24	

ΠΙΝΑΚΑΣ 28: Αποτελέσματα Μέσου Όρου k=3 Περιόδων για το SKU: 53831673309577 – iRepair 2019

Η εφαρμογή και αυτού του μοντέλου είναι πολύ απλή. Είναι προφανές πως για k=2 τα αποτελέσματα είναι πιο έγκυρα από αυτά για k=3. Όμως ακόμα και στην περίπτωση για k=2 το μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από την απλή μέθοδο της ζήτησης τελευταίας περιόδου.

#### **6.3.4 ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΣ ΚΙΝΗΤΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ k ΠΕΡΙΟΔΩΝ - ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577**

Το μοντέλο αυτό αναλύθηκε στην ενότητα (3.4.2.3). Για την εφαρμογή της χρησιμοποιήθηκε το «Microsoft Excel» και οι τιμές του (ΠΙΝΑΚΑΣ 24: Ζήτηση Κωδικού 5383167330957 - iRepair 2019). Παρακάτω θα εφαρμοστεί η μέθοδος για k=2, που όπως αποδείχθηκε πριν πειραματικά είναι πιο αποδοτική. Η επιλογή των συντελεστών στάθμισης γίνεται εμπειρικά ή πειραματικά.

<b>ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΣ ΚΙΝΗΤΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ k ΠΕΡΙΟΔΩΝ</b>			
ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577			
ΕΤΟΣ 2019			
k=		2	
$w_1$	0,9	$w_2$	0,1
t	$D_{t+1} = w_1 Y_t + w_2 Y_{t-1} + \dots + w_k Y_{t-k+1}$ με $w_1 + w_2 + \dots + w_k = 1$	$e_t = Y_t - D_t$	$PE_t = \frac{Y_t - D_t}{Y_t} 100$
1	-	-	-
2	-	-	-
3	20,10	1,90	8,64%
4	21,80	7,20	24,83%
5	28,30	2,70	8,71%
6	30,80	43,20	58,38%
7	69,70	54,30	43,79%
8	119,00	23,00	16,20%
9	140,20	10,80	7,15%
10	150,10	-60,10	-66,78%
11	96,10	-20,10	-26,45%
12	77,40	11,60	13,03%
<b>ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΡΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ</b>			
ΜΕΣΟ ΣΦΑΛΜΑ	$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$	7,45	
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΛΑ	$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  e_t $	23,49	
ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$	967,37	
ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t$	8,75%	
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  PE_t $	27,40%	
$\text{Σήμα επίδοσης} = \frac{\sum_{t=1}^n Y_t - D_t}{MAE}$	Το σήμα επίδοσης συχνά κυμαίνεται από $\pm 3$ έως $\pm 8$	3,17	
Μέθοδος Διαγραμμάτων Ελέγχου $\rightarrow \pm 3\sqrt{MSE}$		93,31	

ΠΙΝΑΚΑΣ 29: Αποτελέσματα Σταθμισμένου Κινητού Μέσου Όρου k=2 Περιόδων για το SKU: 53831673309577 – iRepair 2019

Παραπάνω εφαρμόστηκε η συγκεκριμένη μέθοδος με  $w_1=0,9$  και  $w_2=0,1$ . Αλλάζοντας τους συντελεστές στάθμισης στο «Excel», παρατηρήθηκε πως όσο ο συντελεστής  $w_1$  αυξανόταν και αντίστοιχα ο  $w_2$  μειωνόταν, τα αποτελέσματα γίνονταν όλο καλύτερα και έτειναν σε αυτά της ζήτησης τελευταίας περιόδου. Πράγματι αν  $w_1=1$  και  $w_2=0$ , τότε τα αποτελέσματα ταυτίζονται με αυτά της ζήτησης τελευταίας περιόδου. Αυτό είναι λογικό, αφού με αυτόν τον τρόπο, η πρόβλεψη της ζήτησης για την επόμενη περίοδο θα ισούται κάθε φορά με την παρατηρηθείσα τιμή της προηγούμενης περιόδου. Μέχρι στιγμής, η πιο αποδοτική μέθοδος είναι αυτή της ζήτησης της τελευταίας περιόδου.

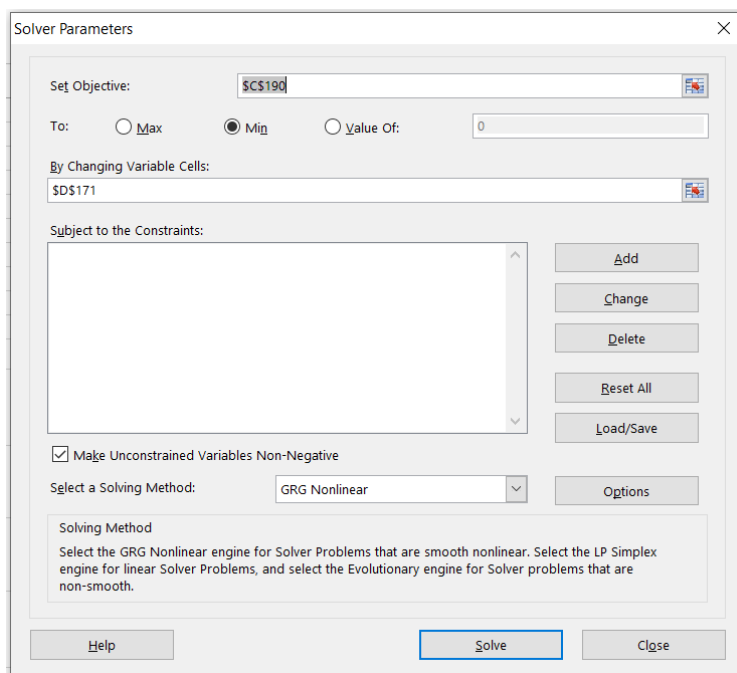
### 6.3.5 ΑΠΛΗ ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ - ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577

Το μοντέλο αυτό αναλύθηκε στην ενότητα (3.4.3.1). Για την εφαρμογή της χρησιμοποιήθηκε το «Microsoft Excel» και οι τιμές του (ΠΙΝΑΚΑΣ 24: Ζήτηση Κωδικού 5383167330957 - iRepair 2019). Παρακάτω θα εφαρμοστεί η μέθοδος για  $\alpha=0,85$ :

<b>ΑΠΛΗ ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ</b>			
ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ: 53831673309577			
ΕΤΟΣ 2019			
<b>α=</b>			<b>0,85</b>
t	$D_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)D_t$ $\mu\epsilon 0 \leq \alpha \leq 1$	$e_t = Y_t - D_t$	$PE_t = \frac{Y_t - D_t}{Y_t} 100$
1	-	-	-
2	21,00	-1,00	-5,00%
3	20,15	1,85	8,41%
4	21,72	7,28	25,09%
5	27,91	3,09	9,97%
6	30,54	43,46	58,73%
7	67,48	56,52	45,58%
8	115,52	26,48	18,65%
9	138,03	12,97	8,59%
10	149,05	-59,05	-65,62%
11	98,86	-22,86	-30,08%
12	79,43	9,57	10,75%
<b>ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΡΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ</b>			
ΜΕΣΟ ΣΦΑΛΜΑ	$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$		7,12
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  e_t $		22,19
ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$		920,12
ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t$		7,74%
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  PE_t $		26,04%
$\text{Σήμα επίδοσης} = \frac{\sum_{t=1}^n Y_t - D_t}{MAE}$	Το σήμα επίδοσης συχνά κυμαίνεται από $\pm 3$ έως $\pm 8$		3,53
$\text{Μέθοδος Διαγραμμάτων Ελέγχου} \rightarrow \pm 3\sqrt{MSE}$			91,00

ΠΙΝΑΚΑΣ 30: Αποτελέσματα Απλής Εκθετικής Εξομάλυνσης με  $\alpha=0,85$  για το SKU: 53831673309577 – iRepair 2019

Για την εφαρμογή της μεθόδου χρειάστηκε να θεωρηθεί ως αρχική τιμή πρόβλεψης  $D_2$  η τιμή της ζήτησης για την προηγούμενη περίοδο  $Y_1=21$ . Όπως επισημάνθηκε στην ενότητα (3.4.3.1) η βέλτιστη επιλογή για το  $\alpha$  θα γίνει με την βοήθεια της «Επίλυσης» (Solver) του «Excel». Έτσι, στο προαναφερθέν εργαλείο, αρχικά επιλέγεται η σταθερά εξομάλυνσης  $\alpha$  στο πεδίο «By Changing Variable Cells» και το αποτέλεσμα του MAPE που επιζητείται να ελαχιστοποιηθεί στο πεδίο «Set Objective», όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:



ΣΧΗΜΑ 10: Επιλογή Παραμέτρων στην «Επίλυση» (Solver) του «Excel»

Στην συνέχεια, στον τομέα «Subject to the Constraints» που φαίνεται στο (ΣΧΗΜΑ 10: Επιλογή Παραμέτρων στην «Επίλυση» (Solver) του «Excel»), προστίθενται οι περιορισμοί για το  $\alpha$  ως:  $0 < \alpha < 1$ . Τέλος, πατώντας το κουμπί «Solve» εμφανίζεται η τιμή του  $\alpha$ , για την οποία το μέσο απόλυτο σφάλμα MAPE είναι ελάχιστο. Η τιμή του  $\alpha$  στην συγκεκριμένη εφαρμογή βρέθηκε πως είναι η μονάδα. Να σημειωθεί πως με  $\alpha=1$ , τα αποτελέσματα αυτής της μεθόδου ταυτίζονται με αυτά της ζήτησης της τελευταίας περιόδου.

### 6.3.6 ΑΠΛΗ ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ΜΕ ΑΝΑΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $\alpha$ - ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577

Το μοντέλο αυτό αναλύθηκε στην ενότητα (3.4.3.2). Για την εφαρμογή της χρησιμοποιήθηκε το «Microsoft Excel» και οι τιμές του (ΠΙΝΑΚΑΣ 24: Ζήτηση Κωδικού 5383167330957 - iRepair 2019). Για την εκτέλεση της μεθόδου ακολουθήθηκαν τα ακόλουθα βήματα:

- Θεωρήθηκε αρχική τιμή  $D_2 = Y_1 = 21$ .
- Για το  $\alpha_2$  πρέπει να επιλεγεί μια τιμή μεταξύ του 0 και του 1. Εδώ επιλέχθηκε το 0,85
- Θεώρηση αρχικής τιμής  $A_2 = Y_2 - D_2 = E_2 = -1$ .
- Θεώρηση αρχικής τιμής του  $M_2 = \frac{|A_2|}{\alpha_2} = 1,176$ .

Με αυτά ως δεδομένα, παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα αυτής της μεθόδου με  $\beta=0,85$ :

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΑΜΕΣΩΝ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

ΑΠΛΗ ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ΜΕ ΑΝΑΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ $\alpha$			
ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ: 53831673309577			
ΕΤΟΣ 2019			
$\beta =$			0,85
t	$D_{t+1} = \alpha_t Y_t + (1 - \alpha_t) D_t$ $\alpha_{t+1} = \left  \frac{A_t}{M_t} \right $ $A_t = \beta E_t + (1 - \beta) A_{t-1}, \mu \varepsilon 0 \leq \beta \leq 1$ $M_t = \beta  E_t  + (1 - \beta) M_{t-1}, \mu \varepsilon 0 \leq \beta \leq 1$ $E_t = Y_t - D_t$	$e_t = Y_t - D_t$	$PE_t = \frac{Y_t - D_t}{Y_t} 100$
1	-	-	-
2	21,00	-1,00	-5,00%
3	20,15	1,85	8,41%
4	21,72	7,28	25,09%
5	27,64	3,36	10,83%
6	30,97	43,03	58,14%
7	73,92	50,08	40,39%
8	124,00	18,00	12,68%
9	142,00	9,00	5,96%
10	151,00	-61,00	-67,78%
11	90,00	-14,00	-18,42%
12	76,87	12,13	13,63%
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΡΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ			
ΜΕΣΟ ΣΦΑΛΜΑ	$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$		6,25
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΛΑ	$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  e_t $		20,07
ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$		808,86
ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t$		7,63%
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  PE_t $		24,21%
$\text{Σήμα επίδοσης} = \frac{\sum_{t=1}^n Y_t - D_t}{MAE}$	Το σήμα επίδοσης συχνά κυμαίνεται από $\pm 3$ έως $\pm 8$		3,43
$\text{Μέθοδος Διαγραμμάτων Ελέγχου} \rightarrow \pm 3\sqrt{MSE}$			85,32

ΠΙΝΑΚΑΣ 31: Αποτελέσματα Απλής Εκθετικής Εξομάλυνσης με Αναπροσαρμογή της Παραμέτρου  $\alpha$  (με  $\beta=0,85$ ), για το SKU: 53831673309577 – iRepair 2019

Οι τιμές για το  $\alpha_t$ ,  $A_t$  και  $M_t$  για  $\beta=0,85$  δίνονται παρακάτω:

t	at	At	Mt
1	-	-	-
2	0,850	-1,000	1,176
3	0,850	1,423	1,749
4	0,813	6,399	6,448
5	0,992	3,815	3,822
6	0,998	37,144	37,145
7	1,000	48,142	48,142
8	1,000	22,523	22,523
9	1,000	11,028	11,028
10	1,000	-50,196	53,504
11	0,938	-19,429	19,926
12	0,975	7,400	13,303

ΠΙΝΑΚΑΣ 32: Υπολογισμός των  $a_t$ ,  $A_t$  και  $M_t$  για την Μέθοδο της Απλής Εκθετικής Εξομάλυνσης με Αναπροσαρμογή της Παραμέτρου  $\alpha$ , για  $\beta=0,85$

Με την «Επίλυση» (Solver), βρέθηκε πως για την συγκεκριμένη εφαρμογή το βέλτιστο  $\beta$  είναι ίσο με την μονάδα, γεγονός που θα οδηγήσει το  $\alpha_t$  να είναι ίσο με την μονάδα. Έτσι, γίνεται κατανοητό πως για το συγκεκριμένο SKU η βέλτιστη μορφή και αυτής της μεθόδου τείνει στα αποτελέσματα του μοντέλου της ζήτησης τελευταίας περιόδου.

### 6.3.7 ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ΓΙΑ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΤΑΣΗ (HOLT'S TWO-PARAMETER LINEAR METHOD) - ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577

Το μοντέλο αυτό αναλύθηκε στην ενότητα (3.4.3.3). Για την εφαρμογή της χρησιμοποιήθηκε το «Microsoft Excel» και οι τιμές του (ΠΙΝΑΚΑΣ 24: Ζήτηση Κωδικού 5383167330957 - iRepair 2019). Για τον υπολογισμό των παραμέτρων  $\alpha$  και  $\beta$  χρησιμοποιήθηκε η «Επίλυση», έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το MAPE. Τα αποτελέσματα της μεθόδου για  $\alpha=1$  και  $\beta=0,204$  είναι:



ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΑΜΕΣΩΝ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

ΑΠΛΗ ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ΓΙΑ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΤΑΣΗ (HOLT'S TWO-PARAMETER LINEAR METHOD)			
ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577			
ΕΤΟΣ 2019			
α=			1,000
β=			0,204
t	$D_{t+1} = L_t + b_t$ $L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$ $b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$ $\mu\epsilon 0 \leq \alpha \leq 1$ $\mu\epsilon 0 \leq \beta \leq 1$	$e_t = Y_t - D_t$	$PE_t = \frac{Y_t - D_t}{Y_t} 100$
1	-	-	-
2	21,00	-1,00	-5,00%
3	19,00	3,00	13,64%
4	21,61	7,39	25,48%
5	30,12	0,88	2,84%
6	32,30	41,70	56,35%
7	83,80	40,20	32,42%
8	142,00	0,00	0,00%
9	160,00	-9,00	-5,96%
10	167,16	-77,16	-85,74%
11	90,43	-14,43	-18,98%
12	73,49	15,51	17,43%
<b>ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΡΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ</b>			
ΜΕΣΟ ΣΦΑΛΜΑ	$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$		0,64
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  e_t $		19,12
ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$		900,41
ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t$		2,95%
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  PE_t $		23,99%
$\text{Σήμα επίδοσης} = \frac{\sum_{t=1}^n Y_t - D_t}{MAE}$	Το σήμα επίδοσης συχνά κυμαίνεται από ±3 έως ±8		0,37
Μέθοδος Διαγραμμάτων Ελέγχου → ±3√MSE			90,02

ΠΙΝΑΚΑΣ 33: Αποτελέσματα Εκθετικής Εξομάλυνσης για Γραμμική Τάση (Holt's Two-Parameter Linear Method), για α=1 και β=0,204, για το SKU: 53831673309577 – iRepair 2019

Για την εφαρμογή της παραπάνω μεθόδου θεωρήθηκαν:

- Αρχική τιμή για  $L_1=Y_1=21$
- Αρχική τιμή για  $b_1=Y_2 - Y_1=-1$
- Αρχική τιμή για  $D_2=Y_1$

Συνολικά οι τιμές για  $L_t$  και  $b_t$  για α=1 και β=0,204 φαίνονται στο ακόλουθο πίνακάκι:

t	bt	Lt
1	-1,00	21
2	-1,00	20
3	-0,39	22
4	1,12	29
5	1,30	31
6	9,80	74
7	18,00	124
8	18,00	142
9	16,16	151
10	0,43	90
11	-2,51	76
12	0,65	89

ΠΙΝΑΚΑΣ 34: Υπολογισμός των  $b_t$  και  $L_t$  για την Μέθοδο της Εκθετικής Εξομάλυνσης για Γραμμική Τάση (Holt's Two-Parameter Linear Method), για  $\alpha=1$  και  $\beta=0,204$

Μετά την εκτέλεση της μεθόδου φαίνεται πως ο παράγοντας του σήματος επίδοσης είναι εκτός των ορίων. Η πιο αποδοτική μέθοδος παραμένει αυτή της ζήτησης της τελευταίας περιόδου.

#### **6.3.8 ΣΥΝΟΨΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΟ ΜΕ ΚΩΔΙΚΟ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ: 53831673309577**

Από το (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10: Ζήτηση κωδικού 5383167330957 – iRepair 2019), όπως ήδη αναφέρθηκε γίνεται ξεκάθαρο πως μια κατάλληλη μέθοδος πρόβλεψης για το συγκεκριμένο SKU θα ήταν μία μέθοδος που εμπεριέχει και συνιστώσα εποχικότητας. Δυστυχώς τα διαθέσιμα δεδομένα δεν επιτρέπουν την εκτέλεση μιας τέτοιας μεθόδου. Στο ακόλουθο πίνακάκι φαίνονται συνοπτικά αριθμητικά και ποσοστιαία μέτρα ακρίβειας για την κάθε μέθοδο:

ΖΗΤΗΣΗ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ		
ΜΕΣΟ ΣΦΑΛΜΑ	$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$	6,18
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΑ	$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  e_t $	20,00
ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$	808,91
ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t$	7,29%
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  PE_t $	23,87%
$\text{Σήμα επίδοσης} = \frac{\sum_{t=1}^n Y_t - D_t}{MAE}$	Το σήμα επίδοσης συχνά κυμαίνεται από $\pm 3$ έως $\pm 8$	3,40
<i>Μέθοδος Διαγραμμάτων Ελέγχου <math>\rightarrow \pm 3\sqrt{MSE}</math></i>		85,32
ΑΠΛΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ		
ΜΕΣΟ ΣΦΑΛΜΑ	$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$	35,62
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΑ	$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  e_t $	35,80
ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$	2693,78
ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t$	34,25%
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  PE_t $	35,16%
$\text{Σήμα επίδοσης} = \frac{\sum_{t=1}^n Y_t - D_t}{MAE}$	Το σήμα επίδοσης συχνά κυμαίνεται από $\pm 3$ έως $\pm 8$	10,94
<i>Μέθοδος Διαγραμμάτων Ελέγχου <math>\rightarrow \pm 3\sqrt{MSE}</math></i>		155,70

<b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ k ΠΕΡΙΟΔΩΝ (k=2)</b>		
ΜΕΣΟ ΣΦΑΛΜΑ	$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$	9,65
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΛΑ	$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  e_t $	29,85
ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$	1452,63
ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t$	9,69%
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  PE_t $	33,95%
$\text{Σήμα επίδοσης} = \frac{\sum_{t=1}^n Y_t - D_t}{MAE}$	Το σήμα επίδοσης συχνά κυμαίνεται από $\pm 3$ έως $\pm 8$	3,23
$\text{Μέθοδος Διαγραμμάτων Ελέγχου} \rightarrow \pm 3\sqrt{MSE}$		114,34
<b>ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΣ ΚΙΝΗΤΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ k ΠΕΡΙΟΔΩΝ (k=2, w1=0,9 &amp; w2=0,1)</b>		
ΜΕΣΟ ΣΦΑΛΜΑ	$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$	7,45
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΛΑ	$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  e_t $	23,49
ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$	967,37
ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t$	8,75%
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  PE_t $	27,40%
$\text{Σήμα επίδοσης} = \frac{\sum_{t=1}^n Y_t - D_t}{MAE}$	Το σήμα επίδοσης συχνά κυμαίνεται από $\pm 3$ έως $\pm 8$	3,17
$\text{Μέθοδος Διαγραμμάτων Ελέγχου} \rightarrow \pm 3\sqrt{MSE}$		93,31

ΑΠΛΗ ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ΓΙΑ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΤΑΣΗ (HOLT'S TWO-PARAMETER LINEAR METHOD) - ( $\alpha=1$ & $\beta=0,204$ )		
ΜΕΣΟ ΣΦΑΛΜΑ	$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t$	0,64
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΛΑ	$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  e_t $	19,12
ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$	900,41
ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t$	2,95%
ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΟ ΣΦΑΛΜΑ	$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  PE_t $	23,99%
$\text{Σήμα επίδοσης} = \frac{\sum_{t=1}^n Y_t - D_t}{MAE}$	Το σήμα επίδοσης συχνά κυμαίνεται από $\pm 3$ έως $\pm 8$	0,37
$\text{Μέθοδος Διαγραμμάτων Ελέγχου} \rightarrow \pm 3\sqrt{MSE}$		90,02

ΠΙΝΑΚΑΣ 35: Σύνοψη Αποτελεσμάτων για τις Μεθόδους Πρόβλεψης που Εφαρμόστηκαν για τον Κωδικό Προϊόντος: 53831673309577 – iRepair 2019

Με βάση την προαναφερθείσα ανάλυση και τα διαθέσιμα δεδομένα η πιο αποδοτική μέθοδος για το συγκεκριμένο SKU είναι αυτή της ζήτησης της τελευταίας περιόδου. Όταν θα εισαχθούν στο σύστημα καινούρια δεδομένα, μπορεί να επανεξεταστούν τα παραπάνω και να ευρεθεί μία πιο κατάλληλη μέθοδος.

Έτσι για τον υπολογισμό του (ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ 4.35)--  $M = E(Z)(T_0 + t_L) + \kappa\sigma_Z\sqrt{(T_0 + t_L)}$  για τον μήνα Ιανουάριο του 2020 για το SKU: 53831673309577 ισχύει:

- $E(Z)= 89$  (μηνιαία ζήτηση από ζήτηση τελευταίας περιόδου)
- $(T_0+T_L)=1,7$  μήνες ( $T_0=0,084$  έτη υπολογισμένο από πριν &  $T_L=3$  εβδομάδες δεδομένο από τον οργανισμό)
- $\sigma_Z=35,8$  (το μέσο απόλυτο σφάλμα του μοντέλου ζήτησης τελευταίας περιόδου)
- $\kappa=2,60$  (είναι ο συντελεστής ασφάλειας, έτσι ώστε το επίπεδο εξυπηρέτησης να είναι ίσο με 99,5% - ο υπολογισμός του  $\kappa$  έγινε από τον (ΠΙΝΑΚΑΣ 38: Τιμές  $\Phi(\kappa)$  - Οι Τιμές Δημιουργήθηκαν στο Microsoft Excel με την Συνάρτηση NORMSDIST( $\kappa$ )) και το ποσοστό εξυπηρέτησης ορίστηκε σε συμφωνία με την εταιρία iRepair)

Από τα παραπάνω  $M=151,3+121,36=272,66$  με το απόθεμα ασφαλείας να ανέρχεται στις 121,36 μονάδες. Αυτό σημαίνει πως η ποσότητα παραγγελίας θα ισούται με την αφαίρεση

της ποσότητας του ανταλλακτικού την χρονική στιγμή που έχει οριστεί να γίνεται η παραγγελία από την υπολογισμένη ποσότητα  $M=272,66$ . Πρέπει να γίνει κατανοητό πως η ποσότητα του αποθέματος ασφαλείας εξαρτάται άμεσα από την ακρίβεια της μεθόδου πρόβλεψης. Αν η μέθοδος πρόβλεψης είχε μικρότερο απόλυτο σφάλμα, τότε θα ήταν μικρότερο και το  $\sigma_z$ . Η διαδικασία που εξελίχθηκε στην ενότητα (6.3) πρέπει να επαναληφθεί για όλα τα SKU της Α και Β τάξης με στόχο να βρεθεί η κατάλληλη ποσότητα παραγγελίας για κάθε ανταλλακτικό ξεχωριστά για το επόμενο μήνα, τον Ιανουάριο του 2020.

#### 6.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ iREPAIR 2019 ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

Σε αυτό το σημείο η μελέτη θα επικεντρωθεί στην σύγκριση του υπάρχοντος συστήματος με αυτό της ανεξάρτητης ζήτησης και καθοριστικής συμπεριφοράς που υπέδειξε το  $T_0$  για την συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης. Βασικός παράγοντας σύγκρισης των συστημάτων είναι τα συνολικά κόστη διαχείρισης που φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ iREPAIR 2019			
A ΚΑΙ Β ΤΑΞΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΤΗΡΙΣΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ	ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
241 ΚΩΔΙΚΟΙ	28.711,57€	19.422,24€	48.133,81€
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ iREPAIR 2019 – ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ			
A ΚΑΙ Β ΤΑΞΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΤΗΡΙΣΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ	ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
241 ΚΩΔΙΚΟΙ	9.644,65€	9.634,05€	19.278,70€
Διαφορά %	-66%	-50%	-60%

ΠΙΝΑΚΑΣ 36: Σύγκριση Υπάρχουσας Κατάστασης iRepair 2019 με το Σύστημα Ανεξάρτητης Ζήτησης και Καθοριστικής Συμπεριφοράς Περιοδικής Επιθεώρησης (EOI) – Πολλά Είδη

Το κόστος διατήρησης και παραγγελιών είναι κατά πολύ μικρότερο. Συγκεκριμένα το κόστος παραγγελιών είναι μειωμένο κατά 50% ( $\frac{9.634,05-19.422,24}{19.422,24} = -50\%$ ) και το κόστος διατήρησης είναι μειωμένο κατά 66% ( $\frac{9.644,65-28.711,57}{28.711,57}$ ). Τέλος το συνολικό κόστος διαχείρισης είναι κατά 60% μειωμένο ( $\frac{19.278,70-48.133,81}{48.133,81} = -60\%$ ). Όμως, όπως αναφέρθηκε, κατάλληλο σύστημα για την συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης αποτελεί το σύστημα ανεξάρτητης ζήτησης και στοχαστικής συμπεριφοράς περιοδικής επιθεώρησης EOI – πολλά είδη. Η μόνη διαφοροποίηση κόστους του προαναφερθέντος συστήματος με αυτό της καθοριστικής συμπεριφοράς, έγκειται στο απόθεμα ασφαλείας που ανεβάζει κόστος διατήρησης ανάλογα με το επίπεδο ακρίβειας που προσφέρει η μέθοδος πρόβλεψης ζήτησης. Για τους σκοπούς της εργασίας, είναι αρκετό να αναφερθεί πως με την χρήση ενός απλού μοντέλου διαχείρισης, όπως αυτό που αναφέρθηκε τελικά μπορεί να μειωθεί το συνολικό κόστος διαχείρισης έως και 60%.

## **7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ**

### 7.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, μελετήθηκαν τα πιο βασικά συστήματα διαχείρισης των αποθεμάτων σύμφωνα με εκτεταμένη έρευνα στη βιβλιογραφία. Αρχικά προσεγγίστηκε η διαχείριση των αποθεμάτων στο πλαίσιο της στρατηγικής που ακολουθούν οι επιχειρήσεις για να επιτυγχάνουν τους στόχους τους. Όπως ήδη ειπώθηκε, η διαχείριση των αποθεμάτων αποτελεί ένα πολύπλοκο πρόβλημα στην ολότητά του. Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η προσέγγιση του προβλήματος με δεδομένο πως ένα συγκεκριμένο προϊόν είναι τοποθετημένο σε συγκεκριμένο ράφι μίας αποθήκης. Έτσι, το στοίχημα για την διαχείριση μίας αποθήκης με προκαθορισμένα τα αγαθά και την θέση τους, είναι η απάντηση των ακόλουθων τριών ερωτημάτων:

- Πόσο συχνά πρέπει να προσδιορίζεται η κατάσταση του αποθέματος;
- Πότε πρέπει να γίνει η παραγγελία αναπλήρωσης;
- Πόσο μεγάλη πρέπει να είναι η παραγγελία αναπλήρωσης;

Για να απαντηθούν τα τρία ερωτήματα πρέπει:

- Να μελετηθεί το μέγεθος και η πολυπλοκότητα της αποθήκης. Έτσι, θα εστιαστεί η προσοχή στα αποθέματα που παίζουν κυρίαρχο ρόλο για την λειτουργία της αποθήκης. Στην παρούσα εργασία, μελετήθηκε η κλασική προσέγγιση της ABC ανάλυσης, στόχος της οποίας είναι η μείωση του συνολικού όγκου κωδικών που χρήζουν μοντελοποίησης.
- Να αναλυθούν οι τέσσερις τομείς ενδιαφέροντος της ζήτησης (Μέγεθος, Ρυθμός, Μορφή και Διαχρονική Συμπεριφορά) (2.5.2). Για την επίτευξη αυτού, απαραίτητα είναι τα μοντέλα πρόβλεψης ζήτησης. Στην παρούσα εργασία δόθηκε έμφαση στην παρουσίαση των μοντέλων προβλέψεων με χρονοσειρές.
- Να επιλεγεί κατάλληλη πολιτική επιθεώρησης. Η πολιτική αυτή εξαρτάται από τους στόχους και την οργάνωση του εκάστοτε οργανισμού.

Στην μελέτη περίπτωσης εξάχθηκαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Μετά την εφαρμογή της ABC ανάλυσης, ο οργανισμός κατέληξε στο συμπέρασμα πως τα πιο σημαντικά ανταλλακτικά για την λειτουργία του αποτελούν αυτά της Α και Β τάξης.
- Η συνολική ζήτηση για τα σημαντικά ανταλλακτικά του έτους 2019 έχει μέγεθος 73.790 μονάδες, σταθερό ρυθμό εφόσον καλύπτεται το κριτήριο Silver and Peterson Rule ( $V=0,02 < 0,25$ ) με μέση τιμή 6.149,17 μονάδες, ανεξάρτητη μορφή και στοχαστική διαχρονική συμπεριφορά.
- Η κατάλληλη πολιτική επιθεώρησης για τον συγκεκριμένο οργανισμό αποτελεί αυτή της περιοδικής επιθεώρησης. Αυτό εξηγείται τόσο από το υψηλό κόστος παραγγελίας  $C_{OR}$  (809,26€), όσο και από το σχετικά μεγάλο πλήθος ανταλλακτικών που χρήζουν μοντελοποίησης (241 κωδικοί).

Έτσι το πιο κατάλληλο μοντέλο διαχείρισης για τον οργανισμό της iRepair αποτελεί ένα σύστημα ανεξάρτητης ζήτησης με στοχαστική συμπεριφορά περιοδικής επιθεώρησης. Αναλόγως με το επίπεδο ακρίβειας των μεθόδων πρόβλεψης, βρέθηκε πως το συνολικό κόστος διαχείρισης μπορεί να μειωθεί έως και 60%.

### 7.2 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

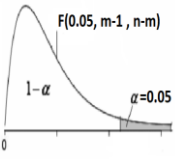
Ακολούθως αναφέρεται μία σύνοψη προοπτικών για μελλοντική έρευνα:



- Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα (4.1.1) υπάρχουν αρκετά μοντέλα που βασίζονται στην αρχική προσέγγιση της ABC ανάλυσης για την κατηγοριοποίηση των αποθεμάτων σε έναν οργανισμό. Κάποιο από αυτά μπορεί να αποδίδει καλύτερα στον οργανισμό και θα ήταν χρήσιμη μία εκτενής βιβλιογραφική αναφορά σε αυτά.
- Στις μεθόδους πρόβλεψης ζήτησης εστιάστηκε η προσοχή στις μεθόδους ανάλυσης με χρονοσειρές, λόγω των διαθέσιμων δεδομένων. Σε περίπτωση προσκόμισης περισσότερων δεδομένων μπορεί είτε να ευρεθεί καλύτερη μέθοδος χρονοσειρών από αυτή που εφαρμόστηκε, είτε να αναλυθούν οι δομικοί παράγοντες της ζήτησης ανταλλακτικών, έτσι ώστε να γίνει εκτενέστερη μελέτη των αιτιοκρατικών μεθόδων που αναφέρθηκαν στην ενότητα (3.2.2.2).
- Τέλος, για την εφαρμογή του προτεινόμενου μοντέλου απαιτείται ο υπολογισμός του αποθέματος ασφαλείας και για τους 241 κωδικούς της Α και Β τάξης. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να γίνει σε μια μελλοντική εργασία έχοντας και τα δεδομένα του έτους 2020.

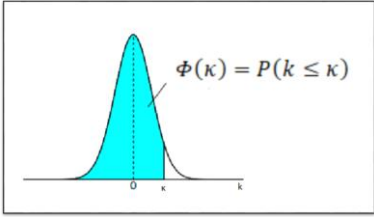
**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΑΜΕΣΩΝ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ FTEST										
										
$(n-m)/(m-1)$	1	2	3	4	5	10	20	40	100	200
1	161,45	199,50	215,71	224,58	230,16	241,88	248,01	251,14	253,04	253,68
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,40	19,45	19,47	19,49	19,49
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,79	8,66	8,59	8,55	8,54
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	5,96	5,80	5,72	5,66	5,65
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,74	4,56	4,46	4,41	4,39
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,06	3,87	3,77	3,71	3,69
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,64	3,44	3,34	3,27	3,25
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,35	3,15	3,04	2,97	2,95
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,14	2,94	2,83	2,76	2,73
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	2,98	2,77	2,66	2,59	2,56
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	2,85	2,65	2,53	2,46	2,43
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	2,75	2,54	2,43	2,35	2,32
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,67	2,46	2,34	2,26	2,23
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,60	2,39	2,27	2,19	2,16
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,54	2,33	2,20	2,12	2,10
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,49	2,28	2,15	2,07	2,04
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,45	2,23	2,10	2,02	1,99
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,41	2,19	2,06	1,98	1,95
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,38	2,16	2,03	1,94	1,91
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,35	2,12	1,99	1,91	1,88
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,32	2,10	1,96	1,88	1,84
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,30	2,07	1,94	1,85	1,82
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,27	2,05	1,91	1,82	1,79
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,25	2,03	1,89	1,80	1,77
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,24	2,01	1,87	1,78	1,75
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,16	1,93	1,79	1,70	1,66
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,08	1,84	1,69	1,59	1,55
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,03	1,78	1,63	1,52	1,48
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	1,99	1,75	1,59	1,48	1,44
70	3,98	3,13	2,74	2,50	2,35	1,97	1,72	1,57	1,45	1,40
80	3,96	3,11	2,72	2,49	2,33	1,95	1,70	1,54	1,43	1,38
90	3,95	3,10	2,71	2,47	2,32	1,94	1,69	1,53	1,41	1,36
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,31	1,93	1,68	1,52	1,39	1,34
200	3,89	3,04	2,65	2,42	2,26	1,88	1,62	1,46	1,32	1,26
300	3,87	3,03	2,63	2,40	2,24	1,86	1,61	1,43	1,30	1,23
400	3,86	3,02	2,63	2,39	2,24	1,85	1,60	1,42	1,28	1,22
500	3,86	3,01	2,62	2,39	2,23	1,85	1,59	1,42	1,28	1,21

ΠΙΝΑΚΑΣ 37 : Τιμές  $F_{TEST}$  - Οι Τιμές Δημιουργήθηκαν στο Microsoft Excel με την Συνάρτηση  $FINV(0,05;m-1;n-m)$

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΑΜΕΣΩΝ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ Φ(κ)										
										
κ	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,00	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,10	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,20	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,30	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,40	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,50	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,60	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,70	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,80	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,90	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,00	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,10	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,20	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,30	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,40	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,50	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,60	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,70	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,80	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,90	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,00	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,10	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,20	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,30	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,40	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,50	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,60	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,70	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,80	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,90	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,00	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,10	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,20	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,30	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997

ΠΙΝΑΚΑΣ 38: Τιμές Φ(κ) - Οι Τιμές Δημιουργήθηκαν στο Microsoft Excel με την Συνάρτηση NORMSDIST(κ)

ΠΙΝΑΚΑΣ $t_{TEST}$					
$n/\alpha$	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	6,314	12,706	25,452	63,657	127,321
2	2,920	4,303	6,205	9,925	14,089
3	2,353	3,182	4,177	5,841	7,453
4	2,132	2,776	3,495	4,604	5,598
5	2,015	2,571	3,163	4,032	4,773
6	1,943	2,447	2,969	3,707	4,317
7	1,895	2,365	2,841	3,499	4,029
8	1,860	2,306	2,752	3,355	3,833
9	1,833	2,262	2,685	3,250	3,690
10	1,812	2,228	2,634	3,169	3,581
11	1,796	2,201	2,593	3,106	3,497
12	1,782	2,179	2,560	3,055	3,428
13	1,771	2,160	2,533	3,012	3,372
14	1,761	2,145	2,510	2,977	3,326
15	1,753	2,131	2,490	2,947	3,286
16	1,746	2,120	2,473	2,921	3,252
17	1,740	2,110	2,458	2,898	3,222
18	1,734	2,101	2,445	2,878	3,197
19	1,729	2,093	2,433	2,861	3,174
20	1,725	2,086	2,423	2,845	3,153
21	1,721	2,080	2,414	2,831	3,135
22	1,717	2,074	2,405	2,819	3,119
23	1,714	2,069	2,398	2,807	3,104
24	1,711	2,064	2,391	2,797	3,091
25	1,708	2,060	2,385	2,787	3,078
30	1,697	2,042	2,360	2,750	3,030
40	1,684	2,021	2,329	2,704	2,971
50	1,676	2,009	2,311	2,678	2,937
60	1,671	2,000	2,299	2,660	2,915
70	1,667	1,994	2,291	2,648	2,899
80	1,664	1,990	2,284	2,639	2,887
90	1,662	1,987	2,280	2,632	2,878
100	1,660	1,984	2,276	2,626	2,871
200	1,653	1,972	2,258	2,601	2,839
300	1,650	1,968	2,253	2,592	2,828
400	1,649	1,966	2,250	2,588	2,823
500	1,648	1,965	2,248	2,586	2,820

ΠΙΝΑΚΑΣ 39 : Τιμές  $t_{TEST}$  - Οι Τιμές Δημιουργήθηκαν στο Microsoft Excel με την Συνάρτηση TINV( $\alpha, n$ )

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ Α ΚΑΙ Β ΤΑΞΗΣ IREPAIR 2019</b>	
53831673309577	A
1096877153605	A
86890635056615	A
44048480852018	A
84428871626958	A
43239459073241	A
99694663798715	A
89740429079202	A
71944071846585	A
69212690479756	A
9837650547051	A
49494724145491	A
90233387261110	A
33156411043770	A
24551326497489	A
4081256360145	A
87799645856099	A
10112625370636	A
23147718803199	A
91156325776354	A
59100044659241	A
27462626456436	A
41248111511625	A
85904680054773	A
61770424424625	A
49013353604640	A
69723297792285	A
49008920252039	A
91071399657329	A
41615983578436	A
16050295405203	A
45660141720740	A
18204198037097	A
85077027118694	A
73564447463192	A
4296814091159	A
49405254727508	A
64450666663358	A
80207123107277	A
41813171833983	A
26054686162540	A
57853329640459	A
30796671617614	A
57079195458840	A
36462055579674	A

## ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΑΜΕΣΩΝ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

32978970135940	A
35072456374815	A
77242555651899	A
22098165267304	A
48191665844642	A
17088830827970	A
10353469555943	A
31836051631823	A
74458744597691	A
15556414311600	A
19386186929163	A
64545811168324	A
82102735017849	A
573549723385	A
14702264007077	A
74241132160072	A
27461966319799	A
10266631398572	A
45495581390061	A
33012098574023	A
53043094053723	A
67551862540092	A
45736254552531	A
61285059172705	A
17114861615288	A
56713673835842	A
5005456586317	A
90290328686967	A
63393830494411	A
97876308933822	A
34211859094349	A
94552584351546	A
98686958654776	A
15953983968653	A
51419573199662	A
17552250750934	A
59731646754332	B
37812244872946	B
20918845269940	B
79025410293536	B
37317885617523	B
76317303728394	B
63888280319977	B
3073530283006	B
14891267302300	B
83687978855868	B

## ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΑΜΕΣΩΝ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

62132028070153	B
17382647863646	B
99565631247286	B
71380128602690	B
64977666951896	B
24926366806312	B
90598058531322	B
46757635592977	B
5191899998313	B
33330530164326	B
10565850732921	B
12735592841831	B
96076540666789	B
24021000900824	B
86581807653431	B
64050815553351	B
82981188037857	B
39761017776964	B
85935903336522	B
95019025583570	B
79315579119786	B
39576515992192	B
45799783612290	B
97652438004004	B
47473121061360	B
15690972667826	B
14899794583519	B
75934677717230	B
66331753472351	B
1353392552133	B
48506788223236	B
74302023217531	B
85278132247993	B
66441874007866	B
7425936029035	B
95821272277734	B
45653604863856	B
79812405148173	B
73022915795353	B
90876957163947	B
48781394443060	B
76325821622330	B
67207621040005	B
3731443396589	B
25084800222475	B
20675919300978	B



## ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΑΜΕΣΩΝ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

65549616772542	B
64235212099656	B
46863236439061	B
66888216335268	B
1919878177040	B
19084897303886	B
24496355851117	B
62150155492510	B
6940393338848	B
594755186171	B
35966336361740	B
60673751075085	B
16687350974639	B
63903592352206	B
93681331722825	B
56240026173590	B
73943048653779	B
4612280660673	B
73505899262314	B
77136993015561	B
95415483786798	B
16178769171241	B
76410958421060	B
97113592182973	B
87512606246840	B
59575304137476	B
62152764827921	B
28417693075910	B
86513247530701	B
38126152718388	B
73664990283789	B
94979352650343	B
10254847080277	B
25005535142659	B
5560216904907	B
40790597929530	B
82516998876923	B
87343562804066	B
79395036556669	B
93824634732678	B
58503142278837	B
69598121845968	B
80481336386928	B
21449227390580	B
58775871547444	B
20443190836206	B

## ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΑΜΕΣΩΝ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

36643483746637	B
79718827150391	B
20421864231998	B
1866599423523	B
71627548554258	B
40072154765453	B
42458544783037	B
78847728318647	B
70784554230320	B
87026079035005	B
52638621751995	B
37472702504867	B
74580675575860	B
45638286871753	B
63252600219847	B
12613335003875	B
73698263292906	B
9356013652080	B
95015346830312	B
60935651761761	B
6314628837821	B
52830898657103	B
64286770997945	B
15098971439991	B
76501575489355	B
12543976692116	B
97599136107093	B
42262879587527	B
58323528300305	B
17109738341066	B
10563303024447	B
71238311701481	B
74516243470779	B
91382421285606	B
62403702691239	B
94628948638659	B
85741311831590	B
74360633267573	B
51497797021353	B
75617650614516	B
1449605160430	B
61454673289322	B
12893567453672	B
83674946394122	B
65194984663501	B
29106877672840	B

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΑΜΕΣΩΝ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

69643003018534	B
74215817572273	B
20240998478956	B
11268493748249	B
46739329450064	B
56637445830324	B
59023285880011	B
93726620749082	B
1122929807689	B
82602742336026	B
28141456786557	B
92432065773537	B

ΠΙΝΑΚΑΣ 40: Δεδομένα Α και Β Τάξης iRepair 2019

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Arrow, K. S., 1958. *Studies in Mathematical Theory of Inventory and Production*. Stanford University Press.

Bowersox, D. J., Closs, D. J. & Cooper, B. M., 2002. *Supply Chain Logistics Management*. s.l.:McGraw-Hill Higher Education.

Brown, R. G., 1959. *Statistical Forecasting for Inventory Control*. New York: McGraw-Hill.

Brown, R. G., 1963. *Smoothing, Forecasting and Prediction of Discrete Time Series*. NJ: Prentice-Hall.

Cambridge Business English Dictionary, τελευταία πρόσβαση 12/11/2020. *Cambridge Dictionary*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/forecast>

Ching-Wu Chu, Gin-Shuh Liang & Chien-Tseng Liao, 2008. Controlling inventory by combining ABC analysis and fuzzy classification. *journal homepage*, Τόμος Computers & Industrial Engineering 55, p. 841–851.

Corporate Finance Institute, n.d. *Stock Keeping Unit (SKU)*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/other/stock-keeping-unit-sku/>

[Πρόσβαση 10 12 2020].

Dvoretzky, A. J., 1952. The Inventory Problem: I, Case of Known Distributions of Demand; II, Case of Unknown Distributions of Demand. *The Econometric Society - Econometrica*.

EPU-NTUA, n.d. *Διαχείριση Αποθεμάτων*. [Ηλεκτρονικό]

Available at:

<http://academics.epu.ntua.gr/LinkClick.aspx?fileticket=mEY1iLtj6RE%3D&tabid=380&mid=838>

[Πρόσβαση 20 12 2020].

Finance Train, τελευταία πρόσβαση 12/11/2020. *Time Series and Cross Sectional Data*.

[Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://financetrain.com/lessons/time-series-cross-sectional-data/>

Fine, C. & Hax, A., 1985. *Manufacturing Strategy: A methodology and an illustration*, s.l.: Interfaces 15(6).

Flores, B. E. & Whybark, D. C., 1986. Multiple Criteria ABC Analysis. *International Journal of Operations and Production Management*, Τόμος Vol. 6, number 3, pp. 38-46.

Flores, B. E., Olson, D. L. & Whybark, D. C., 1992. Management of Multicriteria Inventory Classification. *Mathematical and Computer Modelling*, Τόμος Vol. 16, No 12, pp. 71-82.

Flores, B. E. & Whybark, D. C., 1987. Implementing multiple criteria ABC. *Journal of Operations Management*, Τόμος Vol 7, No 1/2.

Gardner, E. S. J., 2005. *Exponential smoothing: The state of the art – Part II*, s.l.: University of Houston.

Gass & Harris, 2000. *Encyclopedia of Operations Research and Management Science*. Centennial edition επιμ. s.l.:The Netherlands: Kluwer.

Hadi-Vencheh, A. & Mohamadghasemi, A., 2011. A fuzzy AHP-DEA approach for multiple criteria ABC inventory classification.. *ELSEVIER*, 38 (4)(Expert Systems with Applications), p. 3346–3352.

Harris, F. W., 1913. How many parts to make at once. *The Magazine of Management*, pp. 135-137.

Holt, C. C., 1957. *Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages*. Pittsburgh: ONR Memorandum.

Holt, C. C., 2004a. Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. *International Journal of Forecasting*, Τόμος 20, pp. 5-10.

Holt, C. C., 2004b. Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. *International Journal of Forecasting*, Τόμος 20, pp. 11-13.

Kheybari, S., Naji, S. A., Rezaie, F. M. & Salehpour, R., 2019. ABC classification according to Pareto’s principle: a hybrid methodology. *OPSEARCH*, Τόμος 56, p. 539–562.

Kimberlee, L., 2019. The Average Profit Margin for Wholesale. *Chron*.

Liiv, I., 2006. Inventory classification enhancement with demand associations. *IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics*.

Maukar, A. L., Ong, J. O. & Christ, Y., 2013. *Implementing Economic Order Interval for Multiple Items to Reduce Total Inventory Cost*, s.l.: s.n.

Mpwanya, M. F., 2005. *Inventory Management as a Determinant for Improvement of Customer Service, Dissertation in the Department of Business Management Faculty of Economic and Management Sciences*, s.l.: University of Pretoria.

Muller, M., 2011. *Essentials of Inventory Management*. 2nd επιμ. New York: AMACOM .

Ohno, T., June 1988. *Toyota Production System - beyond large-scale production*, s.l.: Productivity Press.

Pareto, V., 1971. *Manual of Political Economy*.

Pegel, C., 1969. Exponential forecasting: Some new variations. *Management Science*, Τόμος 15, pp. 311-315.

Putra, L. D., 2009. *Qualitative Forecasting Methods and Techniques*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <http://accounting-financial-tax.com/2009/04/qualitative-forecasting-methods-and-techniques/> [Πρόσβαση 12 11 2020].

Routes to Finance.com, n.d. *Επιλογή ενός περιοδικού ή διαρκούς συστήματος απογραφής 2020*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://el.routestofinance.com/1023-choosing-periodic-or-perpetual-inventory-system-392936-636649> [Πρόσβαση 20 12 2020].

Shim, J. K. & Siegel, J. G., 1999. *Διοίκηση Εκμετάλευσης*. Μετάφραση: Μαρία Ι. Ρούβαλη, Πτυχ. Ιονίου Πανεπιστημίου επιμ. s.l.:Κλειδαριθμος.

Silver, A. E., Pyke, D. F. & Peterson, R., 1998. *Inventory Management and Production*. 3rd επιμ. New York: John Wiley & Sons.

Silver, E. A., Pyke, D. F. & Thomas, D. J., 2017. *Inventory and Production Management in Supply Chain*. 4th επιμ. s.l.:Taylor & Francis Group.

Swamidass, P. M., 2000. ABC analysis or ABC classification. In P. M. Swamidass (Ed.). *Encyclopedia of production and manufacturing management (Vol. 1–2)*.

Tersine, R. J., 1979. *Διαχείριση Υλικών και Συστήματα Αποθεμάτων*. Α ΤΟΜΟΣ επιμ. s.l.:ΠΑΠΑΖΗΣΗ.

Wallstrom, P. & Segerstedt, A., 2010. Evaluation of forecasting error measurements and techniques. *ELSEVIER*.

Wilson, R., 1934. A scientific routine for stock control. *Harvard Business Review*, pp. 116-128.

Winters, P. R., 1960. Forecasting sales by exponentially weighted moving averages. *Management Science*, Τόμος 6, pp. 324-342.

Zhang, R. Q., Hopp, W. J. & Supatgiat, C., 2001. Spreadsheet Implementable Inventory Control for a Distribution Center. *Journal of Heuristics*, Τόμος Vol. 7, pp. 185-203.

Ασκούνης, Δ., 2020. Κεφάλαιο 6 «Διαχείριση και πρόβλεψη Ζήτησης». Στο: *Διοίκηση Παραγωγής και Συστημάτων Υπηρεσιών*. s.l.:s.n.

Βικιπαιδεία, 2011. *Διαχείριση Αποθεμάτων*. [Ηλεκτρονικό] Available at: [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CF%87%CE%B5%CE%AF%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%B7\\_%CE%B1%CF%80%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CF%87%CE%B5%CE%AF%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%B7_%CE%B1%CF%80%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD) [Πρόσβαση 10 12 2020].

Βλάχος, Δ., 2005. *Διαχείριση Αποθεμάτων*. [Ηλεκτρονικό] Available at: [http://library.tee.gr/digital/kma/kma\\_m1274.pdf](http://library.tee.gr/digital/kma/kma_m1274.pdf) [Πρόσβαση 20 12 2020].

Δαμιανού, Χ., Παπαδάτος, Ν. & Χαραλαμπίδης, Χ. Α., 2003. *Εισαγωγή στις Πιθανότητες και την Στατιστική*. Διδακτικές Σημειώσεις επιμ. Αθήνα: Τμήμα Μαθηματικών Πανεπιστημίου Αθηνών.

Δημητριάδης, Σ. Γ. & Μιχιώτης, Α. Μ., 2007. *Διοίκηση Παραγωγικών Συστημάτων*. s.l.:Κριτική ΑΕ.

Μπερμπερής, Α., 2010. *Συστήματα Αποθήκης και Ελέγχου Αποθεμάτων*, s.l.: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης - Τμήμα Πληροφορικής.

Ξανθόπουλος, Π. Π., 2014. *Μελέτη και Εκτίμηση Υποδειγμάτων με την Μέθοδο Διαφορών*, Πειραιάς: Πανεπιστήμιο Πειραιώς .

Παπαδόπουλος, Γ., n.d. *Η Κανονική Κατανομή - Εργαστήριο Μαθηματικών και Στατιστικής*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.aua.gr/gpapadopoulos/files/normal010-2.pdf>  
[Πρόσβαση 21 12 2020].

Πραστάκος, Γ., 2002. *Διοικητική Επιστήμη στην Πράξη*. σ.λ.:Σταμούλη Α.Ε..