



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΜΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ**

---

**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ: «ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ  
ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΜΕΣΩ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ»**



**Επιβλέπων καθηγητής:**

**κ. Εμίρης Δημήτριος**

**Αγαθάκη Αναστασία**

**(Αρ. Μητρώου: TML - 1727)**

**Πειραιάς, Απρίλιος 2020**

## ***Ευχαριστίες***

*Μετά την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους συνέβαλλαν σε αυτή την προσπάθεια με οποιοδήποτε τρόπο. Πρωτίστως, τον επιβλέπων καθηγητή μου, Δημήτρη Εμίρη, για την πολύτιμη βοήθειά του, την καθοδήγηση και τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσε για την εκπόνηση της. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω μέσα από την καρδιά μου την αγαπημένη μου οικογένεια και τους φίλους, για την αδιάκοπη υποστήριξη και ενθάρρυνση σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς αυτό το επίτευγμα θα ήταν ανέφικτο χωρίς αυτούς.*

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
Κεφάλαιο 1 .....	8
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ .....	8
1.1. Στάδια Διαμόρφωσης Προβλέψεων.....	10
1.2. Μέθοδοι πρόβλεψης ζήτησης.....	12
1.3. Ποιοτικές μέθοδοι πρόβλεψης .....	13
1.4. Ποσοτικές μέθοδοι πρόβλεψης .....	15
1.4.1. Χρονοσειρές.....	15
1.4.2. Απλός κινητός μέσος όρος.....	16
1.4.3. Απλή εκθετική εξομάλυνση.....	18
1.5. Μοντέλα εκθετικής εξομάλυνσης .....	19
1.5.1. Εκθετική εξομάλυνση με τάση .....	20
1.5.2. Εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα .....	21
1.5.3. Εκθετική εξομάλυνση με τάση & εποχικότητα .....	23
1.6. Αιτιακές μέθοδοι .....	25
1.6.1. Γραμμική παλινδρόμηση .....	25
1.7. Αξιολόγηση μοντέλων πρόβλεψης.....	26
Κεφάλαιο 2 .....	28
ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ.....	28
2.1. Βασικοί τύποι αποθεμάτων .....	29
2.2. Το πρόβλημα διαχείρισης των αποθεμάτων.....	30
2.3. Στοιχεία κόστους αποθέματος.....	31
2.4. Συστήματα διαχείρισης αποθέματος .....	33
2.4.1. Σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας.....	33

---

2.4.2. Σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας .....	34
2.4.3. Μικτό σύστημα επιλεκτικής αναπλήρωσης.....	35
2.4.4. Σύστημα προγραμματισμού απαιτούμενων υλικών .....	36
1.5. Ταξινόμηση ABC.....	36
2.6. Μοντέλο Οικονομικής Ποσότητας Παραγγελίας (ΟΠΠ) .....	38
Κεφάλαιο 3 .....	43
ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ .....	43
3.1. Περίπτωση Α.....	43
3.2. Περίπτωση Β.....	64
Κεφάλαιο 4 .....	68
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	68
Κεφάλαιο 5 .....	70
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ - ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ .....	70
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	72

## ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1: ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ .....	12
ΕΙΚΟΝΑ 2: ΠΡΟΦΙΛ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΕΙΡΩΝ ΖΗΤΗΣΗΣ .....	16
ΕΙΚΟΝΑ 3: ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΚΘΕΤΙΚΗΣ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗΣ.....	19
ΕΙΚΟΝΑ 4: ΑΝΑΛΥΣΗ ABC .....	37
ΕΙΚΟΝΑ 5: ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ.....	38
ΕΙΚΟΝΑ 6: ΒΑΣΙΚΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ .....	39

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει κύριο στόχο την ανάδειξη της σημασίας για βέλτιστη διαχείριση των αποθεμάτων μιας επιχείρησης, μέσα από την πρόβλεψη της ζήτησης. Η διαχείριση αποθεμάτων είναι μία από τις σπουδαιότερες αποφάσεις που λαμβάνουν οι επιχειρήσεις, καθώς καλούνται να εξισορροπήσουν αφενός την διακράτηση υψηλού αποθέματος και αφετέρου την πιθανότητα έλλειψης, και κατ' επέκταση την ελλιπή εξυπηρέτηση των πελατών. Η υπέρ-αποθεματοποίηση σημαίνει υψηλό δεσμευμένο κεφάλαιο/κόστος, ενώ η έλλειψη εγκυμονεί κινδύνους και επιπλέον κόστη.

Μέσα από την διαχείριση των αποθεμάτων, ορίζεται το «πότε» και το «πόση» ποσότητα πρέπει να προμηθευτεί η εκάστοτε επιχείρηση για να εξασφαλίσει το επιθυμητό επίπεδο εξυπηρέτησης των πελατών της, δηλαδή να ικανοποιεί την τρέχουσα ζήτηση μέσα από την προσφορά των προϊόντων της. Αντιμετωπίζεται ως ένα από τα πιο κρίσιμα «κομμάτια» της εφοδιαστικής αλυσίδας, αφού απεικονίζεται ως μια επένδυση, μέχρις ότου το είδος πωληθεί ή χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή. Παράλληλα, δημιουργεί κόστος για την αποθήκευση, την ασφάλιση και τη συντήρησή του. Συνεπώς, είναι κατανοητό ότι όσα προϊόντα δεν διαχειρίζονται αποτελεσματικά, μπορούν να δημιουργήσουν σημαντικά προβλήματα για μια επιχείρηση. Έτσι, λοιπόν, είναι αναγκαίος εντατικός έλεγχος και παρακολούθηση των αποθεμάτων.

### **Αντικείμενο της παρούσας εργασίας**

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, θα γίνει μια αναφορά στα κυριότερα μοντέλα πρόβλεψης της ζήτησης, και στη συνέχεια, κάποια από αυτά, θα επεξεργαστούν και θα εφαρμοστούν στην πράξη, αντλώντας πραγματικά στοιχεία από δύο εταιρείες. Η πρώτη, δραστηριοποιείται στον χώρο των λιανικών πωλήσεων τεχνολογικών προϊόντων, και η δεύτερη στον κλάδο των κατασκευαστικών υλικών.

Στόχος της μελέτης αυτής, είναι η αναλυτική παρουσίαση των μοντέλων πρόβλεψης, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη λήψη αποφάσεων σε θέματα που σχετίζονται

άμεσα με τη διαχείριση των αποθεμάτων, ανεξάρτητα από τον κλάδο δραστηριοποίησης της εκάστοτε επιχείρησης.

### **Η δομή της εργασίας**

Η παρούσα διπλωματική εργασία περιλαμβάνει πέντε κεφάλαια. Στην αρχή του κάθε κεφαλαίου γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση του αντικειμένου που διερευνάται σε καθένα από αυτά.

Στο πρώτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο μερικών από τις σημαντικότερες τεχνικές πρόβλεψης που, στη συνέχεια, θα αναλυθούν στην πράξη χρησιμοποιώντας δεδομένα από το πραγματικό περιβάλλον.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, θα γίνει μια σύντομη αναφορά στην έννοια και τη σημασία του αποθέματος στην λειτουργία μιας επιχείρησης, στα είδη αποθέματος, στα κόστη που αυτό συνεπάγεται, καθώς και στο πρόβλημα διαχείρισης των αποθεμάτων που εμφανίζεται σε πολλές επιχειρήσεις σε οποιοδήποτε κλάδο δραστηριοποιούνται.

Στο τρίτο κεφάλαιο, εφαρμόζονται τα διάφορα μοντέλα πρόβλεψης με τα πραγματικά δεδομένα που αντλήθηκαν από τις δύο εταιρείες και γίνεται συγκρίνονται τα αποτελέσματά τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παραθέτονται τα αποτελέσματα της μελέτης και στο τελευταίο κεφάλαιο τονίζεται η σπουδαιότητα των προβλέψεων σε συνδυασμό με τις τεχνολογικές εξελίξεις.

## Κεφάλαιο 1

### ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Σήμερα, οι επιχειρήσεις διέπονται από έντονο ανταγωνισμό μεταξύ τους, ο οποίος αυξάνεται διαρκώς. Επομένως, είναι αναγκαίο να δίνεται μεγάλη προσοχή στη διαδικασία εφοδιασμού των επιχειρήσεων, όπως για παράδειγμα στην επιλογή των προμηθευτών, στις μεθόδους και τα μέσα που χρησιμοποιούνται για τη διάθεση στο δίκτυο πελατών και φυσικά την αξιολόγηση των παρεχόμενων υπηρεσιών ανάλογα με το βαθμό ικανοποίησης των αναγκών των τελικών καταναλωτών.

Η ελαχιστοποίηση του κόστους και η ταυτόχρονη μεγιστοποίηση του κέρδους είναι το βασικό «στοίχημα» των περισσότερων στελεχών. Συνεπώς, εστιάζουν σε μεθόδους και διαδικασίες, έτσι ώστε να μειώνεται το κόστους διατήρησης και διαχείρισης οποιασδήποτε μορφής αποθέματος, είτε πρόκειται για εμπόρευμα είτε για πρώτη ύλη που θα χρησιμοποιηθεί στην παραγωγική διαδικασία. Προϋπόθεση για να γίνει αυτό, είναι να έχουν πραγματοποιηθεί οι κατάλληλες μελέτες έτσι ώστε να προβλεφθεί, όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερα, η ζήτηση των αγαθών και κατ' επέκταση το βέλτιστο επίπεδο αποθεμάτων τους.

Ως «πρόβλεψη» ορίζεται η διαδικασία εκτίμησης μελλοντικών γεγονότων με όσο το δυνατόν πιο έγκυρο τρόπο, βασιζόμενη σε ιστορικά και εμπειρικά δεδομένα, καθώς και γνώση των μελλοντικών παραγόντων που θα μπορούσαν να την επηρεάσουν. Οι ραγδαίες τεχνολογικές αλλαγές και η εντατικοποίηση του παγκόσμιου ανταγωνισμού, δημιουργούν ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο επιχειρηματικό περιβάλλον, κάνοντας έτσι, επιτακτική την ανάγκη των επιχειρήσεων για όσο το δυνατόν ακριβέστερες προβλέψεις. Αυτές, είναι απαραίτητες ώστε μια επιχείρηση να μπορεί να καθορίζει τους απαιτούμενους πόρους και ανάλογα με αυτούς που διαθέτει, να προγραμματίσει και να αποκτήσει τους υπόλοιπους για την παραγωγική διαδικασία. Όσο πιο ακριβείς είναι οι προβλέψεις, τόσο πιο αποτελεσματικά μπορεί μια επιχείρηση να



χρησιμοποιήσει τα μηχανήματα που διαθέτει και ταυτόχρονα να περιορίσει τον χρόνο παραγωγής και το ύψος των αποθεμάτων.

### 1.1. Στάδια Διαμόρφωσης Προβλέψεων

Για τη διαχείριση της ζήτησης υπάρχει ένα ευρύ φάσμα μεθόδων πρόβλεψης που εμφανίζουν διαφορές ως προς την ακρίβεια, την έκταση, το χρονικό ορίζοντα και το κόστος. Το βασικό καθήκον του χρήστη είναι να αποφασίσει ποια μέθοδος πρέπει να εφαρμοστεί σε κάθε περίπτωση και πόση τροποποίηση απαιτείται, έτσι ώστε να ενσωματώσει την προσωπική του κρίση πριν να χρησιμοποιηθούν οι προβλέψεις ως βάση για τον σχεδιασμό των μελλοντικών δράσεων. Τα πέντε βασικά στάδια διαμόρφωσης προβλέψεων είναι:

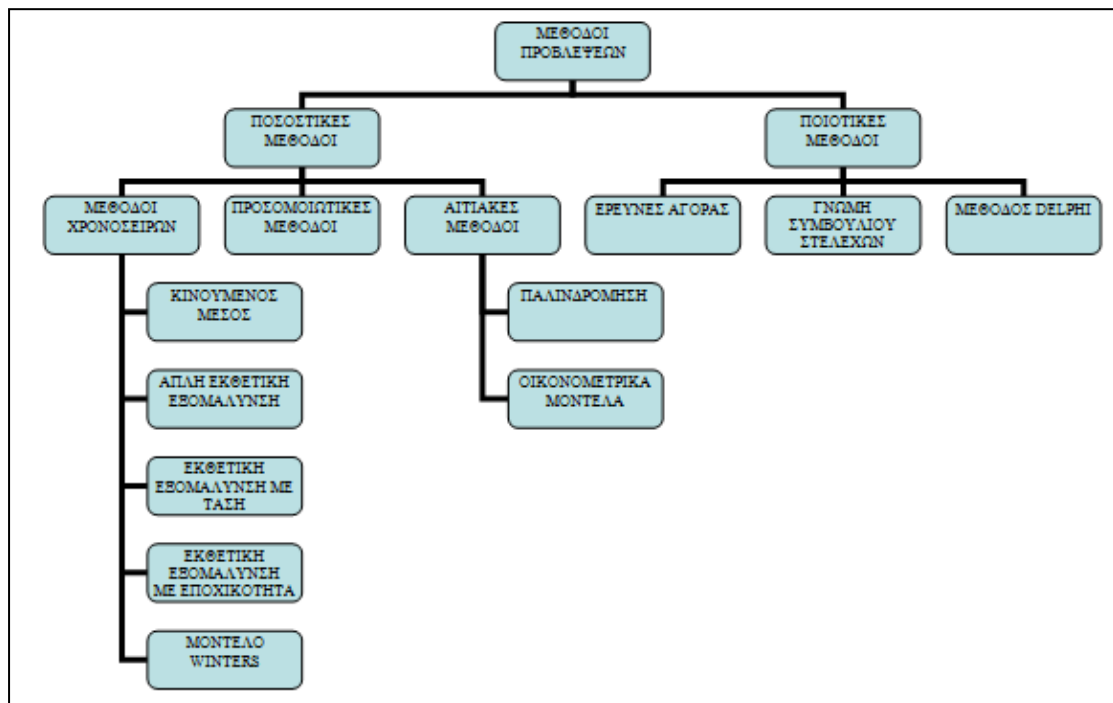
- i. *1<sup>ο</sup> Στάδιο - Καθορισμός Προβλήματος (Problem Definition)*: Πρόκειται για το πιο σημαντικό και δύσκολο μέρος στη διαδικασία πρόβλεψης. Απαιτείται χρόνος στην επικοινωνία με όλους όσους θα συμμετέχουν στη συλλογή δεδομένων, στη διατήρηση βάσεων δεδομένων και στη χρήση προβλέψεων για το μελλοντικό σχεδιασμό. Ένας forecaster πρέπει να καταβάλει πολύ προσπάθεια για να καθορίσει σωστά το πρόβλημα, πριν την διαμόρφωση οποιασδήποτε πρόβλεψης. Για παράδειγμα, πρέπει να γνωρίζει ακριβώς το απόθεμα των προϊόντων, ποιος τα χρησιμοποιεί, πόσο καιρό χρειάζεται για την παραγωγή κάθε τεμαχίου, το επιτρεπτό επίπεδο μη ικανοποίησης ζήτησης κ.ά.
- ii. *2<sup>ο</sup> Στάδιο - Συγκέντρωση Πληροφοριών (Gathering Information)*: Υπάρχουν τουλάχιστον δύο είδη διαθέσιμων πληροφοριών. Το πρώτο είναι τα στατιστικά/αριθμητικά δεδομένα και το δεύτερο η κρίση και η εμπειρία του προσωπικού που ασχολούνταν με τη συλλογή τους για αυτό το χρονικό διάστημα. Και τα δύο είδη πρέπει να αξιολογηθούν. Είναι αναγκαία η συλλογή ιστορικών δεδομένων για τα προϊόντα της εκάστοτε επιχείρησης, έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή ενός μοντέλου πρόβλεψης. Σημειώνεται, πριν ξεκινήσει η διαδικασία πρόβλεψης, πρέπει να συλλεχθούν οι παραπάνω πληροφορίες.
- iii. *3<sup>ο</sup> Στάδιο - Προκαταρκτική Ανάλυση (Exploratory Analysis)*: Στο στάδιο αυτό γίνεται γραφική αναπαράσταση των ιστορικών δεδομένων για την οπτική

επιθεώρηση των στοιχείων. Στη συνέχεια, υπολογίζονται κάποιοι βασικοί στατιστικοί δείκτες, όπως η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση, το ελάχιστο, το μέγιστο και η γραμμική τάση, που σχετίζονται με το σύνολο των δεδομένων. Σε περίπτωση που περισσότερες από μία σειρά ιστορικών δεδομένων είναι διαθέσιμες και σχετικές, δημιουργούνται ιστογράμματα για κάθε συνδυασμό χρονοσειράς και εξετάζεται η ύπαρξη τάσης, εποχικότητας, κυκλικότητας και τυχαιότητας των δεδομένων. Ο σκοπός για όλες τις περιπτώσεις στο στάδιο αυτό είναι να αποκτηθεί μία «ιδέα» για τα δεδομένα, π.χ. αν υπάρχουν επαναλαμβανόμενα μοτίβα, σημαντική τάση ή εποχικότητα. Αυτή η προκαταρκτική ανάλυση βοηθά στην εισήγηση των καταλληλότερων μοντέλων πρόβλεψης και μπορεί να είναι χρήσιμη για την τελική πρόβλεψη.

- iv. *4<sup>ο</sup> Στάδιο - Επιλογή και Προσαρμογή Μοντέλου (Choosing and Fitting Models)*: Σε αυτό το στάδιο επιλέγονται και προσαρμόζονται τα διάφορα ποσοτικά μοντέλα πρόβλεψης που επιλέχθηκαν στο προηγούμενο στάδιο. Η προκαταρκτική ανάλυση του προηγούμενου σταδίου βοηθά στον περιορισμό της αναζήτησης των κατάλληλων μοντέλων πρόβλεψης και στη συνέχεια επιδίωξη είναι η περαιτέρω ανάλυση ενός ή δύο επικρατέστερων μοντέλων. Κάθε μοντέλο βασίζεται σε μια σειρά παραδοχών (άμεσων και έμμεσων) και συνήθως εμπλέκει μία ή περισσότερες παραμέτρους που πρέπει να προσαρμοστούν, χρησιμοποιώντας τα διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα.
- v. *5<sup>ο</sup> Στάδιο - Χρήση και Αποτίμηση του Μοντέλου Πρόβλεψης (Using and Evaluating a forecasting Model)*: Στο τελικό στάδιο, αφού έχει γίνει η επιλογή του μοντέλου και έχουν καθοριστεί κατάλληλα οι παράμετροί του, το μοντέλο αυτό χρησιμοποιείται ώστε να παραχθούν προβλέψεις, και οι χρήστες τους θα αξιολογήσουν αντίστοιχα τα θετικά και τα αρνητικά του στοιχεία με το πέρας του χρόνου και, εφόσον κριθεί αναγκαίο, κάποια βήματα ίσως χρειαστεί να επαναληφθούν.

## 1.2. Μέθοδοι πρόβλεψης ζήτησης

Στην παρούσα εργασία, η πρώτη εξεταζόμενη επιχείρηση από την οποία αντλούνται στοιχεία που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια, δραστηριοποιείται στον χώρο των πωλήσεων τεχνολογικών προϊόντων, ειδών γραφείου και εξοπλισμού, και κατέχει ηγετική θέση στους τομείς αυτούς. Η δεύτερη, δραστηριοποιείται στους τομείς της κατασκευαστικής και βιομηχανικής υποστήριξης παρέχοντας εξειδικευμένα προϊόντα, μέσα από το ευρύ φάσμα που διαθέτει. Συνεπώς, η ανάγκη για αποτελεσματική διατήρηση αποθέματος, ειδικά σε δύο τόσο αναπτυγμένες εταιρείες με μεγάλο αριθμό προσφερόμενων προϊόντων, αποσκοπεί στην ικανοποίηση της αναμενόμενης ζήτησης. Με άλλα λόγια στοχεύει στην καλύτερη εξυπηρέτηση του πελάτη, την ταχύτερη διανομή των προϊόντων και την εξοικονόμηση πόρων, μεγιστοποιώντας το κέρδος της με το μικρότερο δυνατό κόστος. Κάτι τέτοιο, για να επιτευχθεί, είναι απαραίτητο να αναπτύσσονται και να εφαρμόζονται οι καταλληλότερες μέθοδοι πρόβλεψης ζήτησης, προσπαθώντας να ελαχιστοποιηθούν οι αποκλίσεις από αυτές.



Εικόνα 1: Μοντέλα πρόβλεψης της ζήτησης

Υπάρχουν οι εξής κατηγορίες μεθόδων πρόβλεψης :

- i. *Ποιοτικές μέθοδοι:* Ένας, η περισσότεροι ειδικοί, με βάση τη γνώση, την εμπειρία και το ένστικτο τους, πραγματοποιούν προβλέψεις μελλοντικών γεγονότων, πχ: στην τεχνολογία, στις αγορές των προϊόντων κ.ά. Για το λόγο αυτό, τέτοιου είδους προβλέψεις θεωρούνται υποκειμενικές και εμπεριέχουν προκατάληψη (bias).
- ii. *Ποσοτικές μέθοδοι:* Είναι αντικειμενικές και επαναλήψιμες (οδηγούν στο ίδιο ακριβώς αποτέλεσμα κάθε φορά που εισάγονται τα ίδια δεδομένα) καθώς βασίζονται στη μαθηματική μοντελοποίηση. Απαιτούν αριθμητικά δεδομένα, με τον κίνδυνο ότι αυτά μπορεί να μην είναι πάντα διαθέσιμα ή αξιόπιστα.

	<b>Ποιοτικές μέθοδοι πρόβλεψης</b>	<b>Ποσοτικές μέθοδοι πρόβλεψης</b>
<b>Χαρακτηριστικά</b>	Βασίζονται στις απόψεις και την ανθρώπινη κρίση. Υποκειμενικές και μη αριθμητικές.	Βασίζονται στα μαθηματικά.
<b>Πλεονεκτήματα</b>	Μπορούν να αξιοποιούν πρόσφατες αλλαγές στο περιβάλλον.	Σταθερές και αντικειμενικές. Μπορούν να εμπεριέχουν μεγάλο όγκο πληροφοριών σε μια ανάλυση.
<b>Μειονεκτήματα</b>	Μπορεί να εμπεριέχουν προκατάληψη και να μειώσουν την ακρίβεια της πρόβλεψης.	Συχνά, δεν υπάρχουν διαθέσιμα αριθμητικά δεδομένα.

### 1.3. Ποιοτικές μέθοδοι πρόβλεψης

Πρόκειται για τις πιο διαδεδομένες μεθόδους πρόβλεψης, που μπορούν να εφαρμοστούν ακόμη και σε ζητήματα στρατηγικής σημασίας, όπως είναι η εύρεση της θέσης εγκατάστασης, τα μέσα παραγωγής, η τελική επιλογή ενός προϊόντος κ.λπ. Όταν δεν είναι διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα, ή όταν ακόμη κι αν υπάρχουν, δεν είναι επαρκή για να χρησιμοποιηθούν στην πρόβλεψη μελλοντικών συνθηκών, η χρήση

των ποιοτικών μεθόδων είναι «μονόδρομος», καθώς οι ποσοτικές δεν έχουν καμία ισχύ.

Οι πιο διαδεδομένες ποιοτικές μέθοδοι είναι οι εξής:

- *Συμβούλιο στελεχών:* Αναπτύσσεται από μια ομάδα ειδικών ατόμων, οι οποίοι παραθέτουν όλες τις απόψεις τους χωρίς περιορισμούς, έτσι ώστε να καταλήξουν σε μια κοινή ανάπτυξη στρατηγικών προβλέψεων, όπως για παράδειγμα την απόφαση εισαγωγής στην αγορά ενός νέου προϊόντος/υπηρεσίας. Ένα μειονέκτημα της, είναι ότι η γνώμη κάποιας ισχυρής προσωπικότητας μπορεί να κυριαρχήσει έναντι άλλων.
- *Έρευνες αγοράς:* Αποτελεί μια προσέγγιση που χρησιμοποιεί ερωτηματολόγια και συνεντεύξεις για τον καθορισμό των αναγκών, των προτιμήσεων και των επιλογών μιας ομάδας στόχου (π.χ. των καταναλωτών). Χρησιμοποιείται ευρέως για την βελτίωση και την δημιουργία καινούργιων προϊόντων.
- *Μέθοδος Delphi:* Μέσα από την διατήρηση της ανωνυμίας των ειδικών που συμμετέχουν σε μια ομάδα, στοχεύει στην πραγματοποίηση μιας συμφωνίας μεταξύ τους. Ο ερευνητής δημιουργεί ένα «εικονικό τραπέζι» συζήτησης με ένα συγκεκριμένο θέμα, όπου όλοι οι συμμετέχοντες σχετίζονται με αυτό, αλλά μπορεί να μην εργάζονται στην ίδια εταιρεία, να είναι από διαφορετικές χώρες και φυσικά δεν γνωρίζουν ποιοι είναι οι υπόλοιποι συνομιλητές. Η διαδικασία ξεκινά με την σύνταξη και αποστολή ερωτηματολογίων σε αυτούς, έπειτα την εξαγωγή των αποτελεσμάτων και την εκ νέου αποστολή νέου ερωτηματολογίου, συμπεριλαμβάνοντας τα ευρήματα του προηγούμενου. Η διαδικασία αυτή, επαναλαμβάνεται μέχρι να επιτευχθεί συναίνεση. Η φιλοσοφία της είναι ότι όλοι οι συμμετέχοντες μπορεί να μην συμφωνούν σε ορισμένα θέματα, αλλά σε εκείνα που συμφωνούν είναι πολύ πιθανό να υλοποιηθούν. Τέλος, σε αυτή τη μέθοδο, δεν μπορεί να κυριαρχήσει η γνώμη κανενός, έναντι των υπολοίπων.

## 1.4. Ποσοτικές μέθοδοι πρόβλεψης

Αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούνται όταν η διαθέσιμη πληροφορία μπορεί να ποσοτικοποιηθεί με την μορφή αριθμητικών δεδομένων και υποθέτοντας ότι τα ιστορικά αυτά δεδομένα διατηρούν/ακολουθούν το ίδιο μοντέλο συμπεριφοράς και στο μέλλον. Έτσι, με βάση το μοντέλο που χρησιμοποιείται, προκύπτουν διάφορες κατηγορίες ποσοτικών μεθόδων πρόβλεψης (Reid and Sanders, 2002).

### 1.4.1. Χρονοσειρές

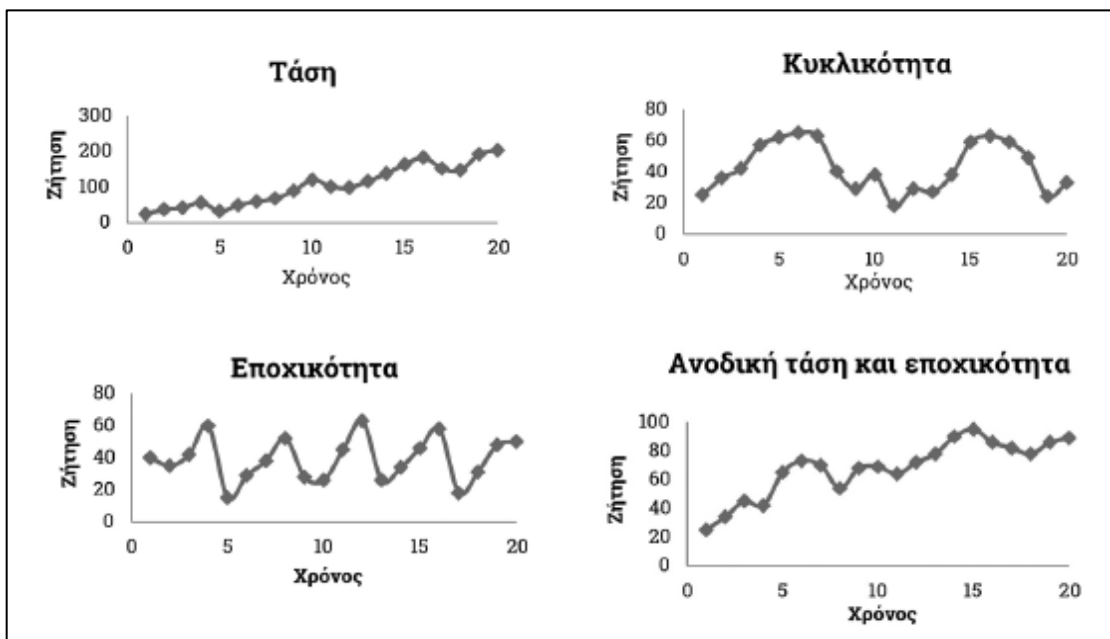
Πολλές φορές το αντικείμενο της στατιστικής ανάλυσης γίνεται μέσω μιας σειράς δεδομένων τα οποία παρατηρούνται διαχρονικά, πρόκειται δηλαδή για μια σειρά παρατηρήσεων  $Y_t$ , όπου  $Y$  η τιμή της μεταβλητής για τη χρονική περίοδο  $t$ , που μπορεί να είναι έτος, τρίμηνο, μήνας, ημέρα κλπ.

Κάθε χρονοσειρά/κάθε σειρά τιμών της προς πρόβλεψη μεταβλητής, που σημειώθηκαν σε μια αντίστοιχη σειρά χρονικών περιόδων στο παρελθόν, χαρακτηρίζεται από ένα ή περισσότερα από τα εξής στοιχεία, τα οποία απεικονίζονται και στην Εικόνα 1:

- *Οριζόντιο στοιχείο*: Παρουσιάζεται σε *στάσιμες* χρονοσειρές, δηλαδή σύνολο τιμών που διακυμαίνονται γύρω από μια μέση τιμή, χωρίς να χαρακτηρίζονται από κάποια επαναλαμβανόμενη τάση προς άνοδο ή πτώση τους.
- *Στοιχείο τάσης*: Παρουσιάζεται σε χρονοσειρές όπου παρατηρείται μια συστηματική μεταβολή, αύξηση ή μείωση, της μέσης τιμής της μεταβλητής με το πέρασμα του χρόνου, πρόκειται δηλαδή για την επίδραση των μακροχρόνιων παραγόντων της σειράς.
- *Εποχικό στοιχείο*: Παρουσιάζεται σε χρονοσειρές όπου η διακύμανση των τιμών τους πηγάζει από κάποιο εποχικό γεγονός, π.χ. στον καιρό, και συνεπώς ενσωματώνει αποτελέσματα που συμβαίνουν με μια κανονικότητα στο βραχυχρόνιο διάστημα.

- *Κυκλικό στοιχείο*: Παρουσιάζει ομοιότητες με το εποχικό, αλλά το δεύτερο εμφανίζει σταθερή περιοδικότητα και διάρκεια ενός κύκλου, ενώ στο κυκλικό αυτά τα στοιχεία δεν εμφανίζουν σταθερότητα.

Σημειώνεται ότι ο εντοπισμός της κατηγορίας κάθε στοιχείου που ορίζει μια χρονοσειρά, προηγείται της επιλογής του μοντέλου πρόβλεψης που θα χρησιμοποιηθεί.



Εικόνα 2: Προφίλ διάφορων χρονολογικών σειρών ζήτησης (Πηγή: <https://www.rosili.gr/Samples/9786185131388/sample.pdf>)

#### 1.4.2. Απλός κινητός μέσος όρος

Πρόκειται για την πιο απλή μέθοδο πρόβλεψης και εφαρμόζεται όταν η ζήτηση δεν χαρακτηρίζεται από διακυμάνσεις στις παρατηρήσεις. Στην ουσία, είναι ο μέσος όρος της πραγματικής ζήτησης για το διάστημα  $N$  περιόδων. Συγκεκριμένα, όπως παρουσιάζεται και στη σχέση (1),  $F_t$  είναι η προβλεπόμενη τιμή της μεταβλητής στην περίοδο  $t$  και είναι ίση με τη μέση τιμή των τιμών  $D_{t-1}, \dots, D_{t-N}$  της μεταβλητής κατά τις  $N$  προηγούμενες περιόδους.



$$F_t = \frac{D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-N}}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=t-1}^{t-N} D_i \quad (1)$$

Για να εφαρμοστεί αυτή η μέθοδος, ορίζεται πρώτα ο αριθμός των περιόδων  $N$  που ελαχιστοποιεί το σφάλμα πρόβλεψης, και με βάση αυτόν υπολογίζεται ο κινούμενος μέσος όρος. Όσο υψηλότερο είναι το  $N$  τόσο υψηλότερη θα είναι και η εξομάλυνση στις τυχαίες διακυμάνσεις της τιμής της μεταβλητής, δηλαδή τόσο μικρότερη θα είναι και η επιρροή κάποιων ακραίων τιμών.

Η πρόβλεψη της επόμενης περιόδου, προκύπτει με την προσθήκη στη χρονοσειρά της πιο πρόσφατης τιμής της μεταβλητής και την αφαίρεση από αυτήν της παλαιότερης τιμής. Επομένως, η σχέση (1) παίρνει την μορφή:

$$F_{t+1} = F_t + \frac{D_t - D_{t-N}}{N} \quad (2)$$

Έτσι, με βάση την σχέση (2), για την περίοδο  $t+1$ , μπορεί να πραγματοποιηθεί η πρόβλεψη  $F_{t+1}$ , εφόσον είναι δεδομένη η πρόβλεψη της προηγούμενης περιόδου ( $F_t$ ) και οι τιμές της μεταβλητής για τις περιόδους  $t$  και  $t - N$ .

Όταν η ζήτηση δεν παρουσιάζει τάση και εποχικότητα, για να απομακρυνθεί η τυχαία μεταβλητότητα στην πρόβλεψη, είναι πολύ χρήσιμος ο απλός κινητός μέσος όρος. Συνεπώς, έχει μεγάλη σημασία να οριστεί το κατάλληλο διάστημα για την εφαρμογή του. Όσο πιο μεγάλο είναι το διάστημα αυτό, τόσο περισσότερο εξομαλύνεται το τυχαίο στοιχείο και η επίδραση τυχόν ακραίων τιμών στην πρόβλεψη. Όταν όμως εμφανίζεται τάση στη ζήτηση, δηλαδή αυξομειώνεται ανάλογα με το χρόνο, ο κινητός μέσος ενός μεγάλου διαστήματος θα εξομαλύνει και την τάση, καθώς δίνει ακριβώς την ίδια βαρύτητα σε κάθε μία από τις τιμές του  $N$ . Επομένως, ένα πιο μικρό χρονικό διάστημα αν και θα παρουσιάζει υψηλότερη διακύμανση, ακολουθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια την τάση της ζήτησης. Επιπλέον, ένα αρνητικό στοιχείο της

μεθόδου αυτής, είναι ότι συχνά πρέπει να γίνουν προβλέψεις για υψηλό αριθμό μεταβλητών, οπότε αυξάνονται οι απαιτήσεις για αποθήκευση δεδομένων.

### 1.4.3. Απλή εκθετική εξομάλυνση

Πρόκειται για την εξέλιξη της μεθόδου του κινούμενου μέσου και είναι από τις πιο διαδεδομένες και ευρέως χρησιμοποιούμενες τεχνικές πρόβλεψης, καθώς αναγνωρίζει και αξιοποιεί την παρουσία στοιχείων, όπως η τάση, η εποχικότητα κ.ά. Βασίζεται στην εκθετική μείωση της βαρύτητας στα στοιχεία των προγενέστερων χρονικών περιόδων. Έτσι, όσο πιο παλιά είναι τα στοιχεία, τόσο πιο μικρή είναι η βαρύτητά τους. Αντίστοιχα, τα πιο πρόσφατα δεδομένα έχουν πιο μεγάλη αξία. Βρίσκει εφαρμογή κυρίως σε βραχυπρόθεσμους προγραμματισμούς, και γενικότερα όπου ο χρονικός ορίζοντας της πρόβλεψης είναι σχετικά μικρός.

Είναι πολύ δημοφιλής καθώς είναι εύκολη στη χρήση της, αφού δεν απαιτεί ούτε μεγάλο υπολογιστικό χρόνο, ούτε μεγάλο αποθηκευτικό χώρο για τα δεδομένα, αλλά είναι και «αναπροσαρμόσιμη», δηλαδή ενημερώνεται-επηρεάζεται, όταν γίνονται γνωστά τα νέα δεδομένα.

Χρησιμοποιεί την πρόβλεψη σε συνδυασμό με την αντίστοιχη πραγματική τιμή της μεταβλητής για την τρέχουσα περίοδο, ώστε να προβλέψει την τιμή της μεταβλητής στις επόμενες. Η σχέση (3) δίνει αυτή την πρόβλεψη και έχει την ακόλουθη μορφή:

$$\boxed{F_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha) F_t} \quad (3)$$

όπου,  $F_{t+1}$  : η προβλεπόμενη ζήτηση για την επόμενη περίοδο

$F_t$  : η πρόσφατη πρόβλεψη (τιμή της προηγούμενης περιόδου)

$D_t$  : η πραγματική ζήτηση την χρονική περίοδο  $t$ , και

$\alpha$  : σταθερά εξομάλυνσης

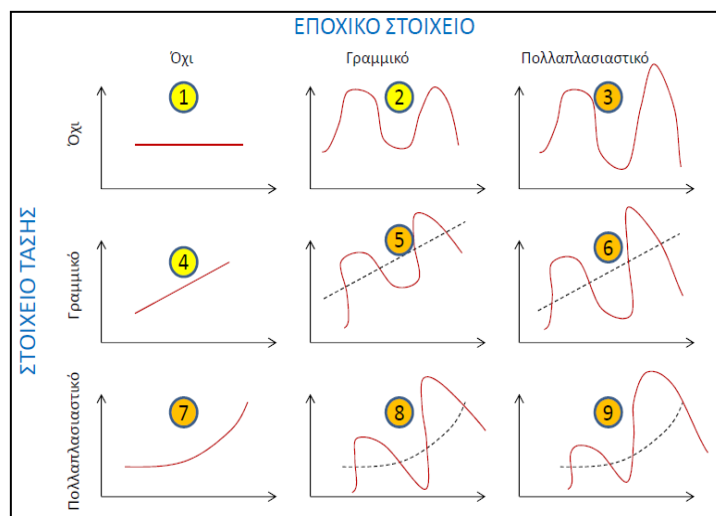
Οι τιμές που λαμβάνει ο συντελεστής  $\alpha$  είναι μεταξύ 0 και 1. Η τιμή του  $\alpha$ , εξαρτάται από την εμπειρία του χρήστη που πραγματοποιεί την πρόβλεψη, αλλά και από τα

ποιοτικά χαρακτηριστικά του μεγέθους που εξετάζεται. Υποθέτοντας ότι αυτά εμφανίζουν σχετική σταθερότητα στο χρόνο, τότε το  $a$  λαμβάνει χαμηλή τιμή (0,05-0,2). Αντιθέτως, αν παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις στο χρόνο, τότε στο  $a$  δίνονται υψηλότερες τιμές. Με άλλα λόγια, όταν λαμβάνει τιμή κοντινή στο μηδέν, τότε το σφάλμα της πρόβλεψης στην τελευταία περίοδο, παίζει μικρό ρόλο στη διαμόρφωση της πρόβλεψης. Έτσι, η επιρροή ενός χαμηλού  $a$  είναι ανάλογη με τη χρήση ενός μεγάλου αριθμού περιόδων  $N$  κατά την εφαρμογή της μεθόδου του κινούμενου μέσου.

Επιπλέον, η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται όταν η ζήτηση είναι στάσιμη, δηλαδή όταν η χρονοσειρά εμφανίζει μόνο το οριζόντιο στοιχείο, χωρίς τα στοιχεία τάσης και εποχικότητας. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί περαιτέρω παραλλαγές της, οι οποίες αναλύονται στη συνέχεια.

### 1.5. Μοντέλα εκθετικής εξομάλυνσης

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, σε περιπτώσεις που η χρονοσειρά εμφανίζει μόνο το οριζόντιο στοιχείο, το πιο ικανοποιητικό μοντέλο είναι αυτό της απλής εκθετικής εξομάλυνσης. Όταν όμως, το οριζόντιο στοιχείο συνυπάρχει με τη τάση ή την εποχικότητα, χρησιμοποιούνται άλλα μοντέλα, που μπορούν να υπολογίζουν τις επιδράσεις και αυτών των στοιχείων.



Εικόνα 3: Ταξινόμηση μοντέλων εκθετικής εξομάλυνσης

### 1.5.1. Εκθετική εξομάλυνση με τάση

Παρατηρείται ότι σε ορισμένες περιπτώσεις οι τιμές που λαμβάνουν οι παρατηρήσεις κάποιων χρονοσειρών έχουν την τάση να αυξάνονται ή να μειώνονται με έναν σταθερό ρυθμό (βήμα) για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Με αυτό τον τρόπο, υποδηλώνεται η μακροχρόνια εξέλιξη της χρονοσειράς, που είναι είτε ανοδική είτε καθοδική. Πληθυσμιακές και τεχνολογικές αλλαγές, οικονομικοί παράγοντες, όπως για παράδειγμα ο πληθωρισμός, είναι κάποιες από τις αιτίες εμφάνισης της τάσης.

Το στοιχείο της τάσης είναι γραμμικό, όταν η τιμή της μεταβλητής αυξάνεται σε κάθε περίοδο σταθερά (μοντέλο 4, στην εικόνα 2). Όταν, όμως, η τάση εκφράζεται ως ποσοστό κατά το οποίο μεγαλώνει η τιμή της μεταβλητής, τότε είναι πολλαπλασιαστικό (μοντέλο 7, στην εικόνα 2). Αυτό συμβαίνει όταν η τιμή  $D_{t+1}$  της μεταβλητής κατά την χρονική περίοδο  $t+1$  ισούται με την τιμή  $D_t$  κατά την προηγούμενη αυξημένη κατά την ποσότητα  $p_t * D_t$ , όπου  $p_t$  είναι μια ποσότητα, που ορίζεται γύρω από μια σταθερή μέση τιμή και φανερώσει ποσοστιαία αύξηση της τιμής της μεταβλητής.

Όταν παρουσιάζεται γραμμική τάση, η διαφορά  $D_{t+1} - D_t$  μεταξύ δύο διαδοχικών τιμών της μεταβλητής δεν οφείλεται μόνο στις διακυμάνσεις του οριζόντιου στοιχείου, αλλά και στην επαναλαμβανόμενη τάση για αύξηση ή μείωση της χρονοσειράς.

Εφαρμόζοντας την εκθετική εξομάλυνση, όμοια με την περίπτωση του οριζόντιου στοιχείου είναι εφικτό να εξομαλυνθούν οι διαφορές στην τιμή του βήματος, που εμφανίζονται από περίοδο σε περίοδο, με μια σταθερά εξομάλυνσης  $b$ .

Προσθέτοντας το εξομαλυμένο βήμα της τάσης  $T_t$ , στην προηγούμενη πρόβλεψη (βλ. σχέση (3), που αντιστοιχεί στο μοντέλο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης, προκύπτει:

$$S_{t+1} = \alpha D_t + (1-\alpha) \cdot (S_t + T_t) \quad (4)$$

Ο τύπος (4), ορίζει την πρόβλεψη για την τιμή του οριζόντιου στοιχείου της μεταβλητής για την επόμενη περίοδο. Αντίστοιχα, η πρόβλεψη της τιμής του βήματος της τάσης για την επόμενη περίοδο  $T_{t+1}$  προκύπτει από την σχέση:

$$T_{t+1} = b(S_{t+1} - S_t) + (1-b)T_t \quad (5)$$

Σύμφωνα με τις παραπάνω εξισώσεις, υπολογίζεται και η προβλεπόμενη τιμή της μεταβλητής για την επόμενη περίοδο, από τον τύπο:

$$F_{t+1} = S_{t+1} + T_{t+1} \quad (6)$$

ενώ για την περίοδο  $t+m$ , η σχέση (6) διαμορφώνεται ως εξής:

$$F_{t+m} = S_{t+1} + m \cdot T_{t+1} \quad (7)$$

Το μέγεθος των σφαλμάτων της πρόβλεψης, εξαρτώνται από τις τιμές των δύο σταθερών εξομάλυνσης (a,b). Για την ελαχιστοποίησή τους, απαιτείται έλεγχος της ευαισθησίας για το εύρος τιμών που παίρνουν οι δύο σταθερές, δηλαδή είναι αναγκαίος ο έλεγχος και η σύγκριση του ύψους των σφαλμάτων που ορίζονται από τις διαφορετικές τιμές των σταθερών a και b που χρησιμοποιούνται.

Πρέπει να σημειωθεί, επίσης, πως η εφαρμογή του μοντέλου γραμμικής τάσης, σε σχέση με αυτό της απλής εκθετικής εξομάλυνσης, δίνει αποτελέσματα που πλησιάζουν πιο πολύ την πραγματικότητα, αρκεί βέβαια, να εμφανίζεται το στοιχείο της τάσης στα δεδομένα.

### 1.5.2. Εκθετική εξομάλυνση με εποχικότητα

Η εποχικότητα παρουσιάζει την συστηματική, παρόμοια ή σχεδόν παρόμοια εξέλιξη μιας χρονοσειράς κατά το πέρασμα συγκεκριμένων χρονικών περιόδων (χρόνου, μηνών, τριμήνων ή διαδοχικών ετών). Συνεπώς, για να γίνει η πρόβλεψη της τιμής μιας μεταβλητής με δεδομένη μια χρονοσειρά, που μαζί με το οριζόντιο στοιχείο εμφανίζει και εποχικές διακυμάνσεις (όχι τάση), χρησιμοποιείται με αποτελεσματικό

τρόπο το μοντέλο της εποχικότητας (μοντέλο 2, εικόνα 2). Εκφράζεται με ένα δείκτη εποχικότητας  $I_t$ , ο οποίος εκφράζει την απόκλιση της ζήτησης κάθε μήνα από το μέσο όρο ολόκληρου του έτους. Όταν οι τιμές του δείκτη είναι μεγαλύτερες από την μονάδα υποδηλώνεται έξαρση της ζήτησης, ενώ όταν είναι μικρότερες από τη μονάδα, πτώση της ζήτησης.

Για να πραγματοποιηθεί μια πρόβλεψη, πρώτα εξομαλύνονται τα δεδομένα της χρονοσειράς τόσο στο οριζόντιο στοιχείο, όσο και στο δείκτη εποχικότητας, καθώς και αυτός παρουσιάζει διακυμάνσεις στο χρόνο.

Για τον υπολογισμό της σχέσης εξομάλυνσης της τιμής του οριζόντιου στοιχείου στην τρέχουσα περίοδο, υποθέτουμε ότι  $D_t$  της πραγματικής ζήτησης για τον τρέχοντα μήνα διαιρείται με το δείκτη εποχικότητας του προηγούμενου έτους  $I_{t-L}$ , όπου  $L=12$ , και έτσι ο τελικός τύπος είναι ο εξής:

$$S_t = \alpha \frac{D_t}{I_{t-L}} + (1-\alpha) \cdot S_{t-1} \quad (8)$$

Ο εποχικός κύκλος δεν παρουσιάζει επαναλήψεις κάθε χρόνο, αντιθέτως, εμφανίζει διακυμάνσεις. Έτσι, στη σχέση (8), ο δείκτης εποχικότητας πρέπει να προκύπτει από τα δεδομένα μιας σειράς ετών. Η εξομάλυνση των τιμών του δείκτη εποχικότητας για κάθε μήνα γίνεται με τον ακόλουθο τύπο:

$$I_t = c \frac{D_t}{S_t} + (1-c) I_{t-L} \quad (9)$$

όπου  $c$  είναι η σταθερά εξομάλυνσης για του δείκτης εποχικότητας.

Στη σχέση (9) η πραγματική τιμή της μεταβλητής  $D_t$  στην τρέχουσα περίοδο, διαιρείται με την εξομαλυμένη τιμή του οριζόντιου στοιχείου, η οποία υπολογίζεται με τον τύπο (8), για να προκύψει έτσι η ποσότητα, κατά την οποία η  $D_t$  υπερβαίνει ή υπολείπεται της τιμής αυτής. Αυτή η απόκλιση, σταθμίζεται με την σταθερά εξομάλυνσης  $c$ . Έτσι, ο δείκτης εποχικότητας για κάποιο μήνα βασίζεται στα

δεδομένα για το δείκτη πριν 1L, 2L,...περιόδους. Συνεπώς, και σε αυτή την περίπτωση, τα πιο πρόσφατα δεδομένα έχουν υψηλότερη βαρύτητα, η οποία εξαρτάται από τη σταθερά εξομάλυνσης c, ενώ στο μοντέλο της τάσης, η επιλογή της σταθεράς επηρεάζει τα σφάλματα πρόβλεψης.

Η τελική πρόβλεψη για την επόμενη περίοδο θα γίνει λαμβάνοντας υπόψη τόσο το οριζόντιο στοιχείο όσο και το εποχικό, δηλαδή συνδυάζοντας τις σχέσεις (8) και (9), προκύπτει η σχέση:

$$F_{t+1} = S_t \cdot I_{t-L+1} \quad (10)$$

και η πρόβλεψη για μετά από m περιόδους είναι:

$$F_{t+m} = S_t I_{t-L+m} \quad (11)$$

### 1.5.3. Εκθετική εξομάλυνση με τάση & εποχικότητα

Σε μια χρονοσειρά είναι δυνατό να συνυπάρχουν το οριζόντιο στοιχείο με την τάση αλλά και την εποχικότητα. Σε αυτή την περίπτωση, χρησιμοποιούνται τρεις εξισώσεις εξομάλυνσης για κάθε στοιχείο, αντίστοιχα:

$$S_t = \alpha \frac{D_t}{I_{t-L}} + (1-\alpha) \cdot (S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (12)$$

$$T_t = b(S_t - S_{t+1}) + (1-b)T_{t-1} \quad (13)$$

$$I_t = c \frac{D_t}{S_t} + (1-c)I_{t-L} \quad (14)$$

όπου  $S_t$ : η εξομαλυμένη τιμή του οριζόντιου στοιχείου,

$T_t$ : η εξομαλυμένη τιμή του στοιχείου τάσης,

$I_t$  : η εξομαλυμένη τιμή του εποχικού στοιχείου, και

$L$  : το εύρος της περιόδου

Σε κάθε περίοδο δίνονται από την προηγούμενη περίοδο τα στοιχεία  $S_{t-1}$ ,  $T_{t-1}$  και  $I_{t-1}$ , καθώς και η τιμή της  $D_t$  που προέκυψε κατά την τρέχουσα περίοδο.

Η πρόβλεψη  $F_{t+1}$  για την επόμενη περίοδο υπολογίζεται συνδυάζοντας τα παραπάνω στοιχεία, σύμφωνα με τον τύπο:

$$F_{t+1} = (S_t + T_t) \cdot I_{t-L+1} \quad (15)$$

ενώ η πρόβλεψη για μετά από  $m$  περιόδους είναι :

$$F_{t+m} = (S_t + m \cdot T_t) \cdot I_{t-L+1} \quad (16)$$

Τα βήματα για το πλαίσιο της πρόβλεψης των υποδειγμάτων αυτών είναι τα ακόλουθα:

- Βήμα 1ο - Αρχικοποίηση: Υπολογισμός των αρχικών εκτιμήσεων από τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα.
- Βήμα 2ο - Πρόβλεψη: Με βάση τις εκτιμήσεις για την περίοδο  $t$ , γίνεται η πρόβλεψη της ζήτησης για την περίοδο  $t+1$ , χρησιμοποιώντας την συνάρτηση  $F_{t+1}$ .
- Βήμα 3ο – Υπολογισμός σφάλματος: Καταγράφοντας την πραγματική ζήτηση  $D_{t+1}$ , μπορούμε να υπολογίσουμε το σφάλμα  $E_{t+1}$  της πρόβλεψης.
- Βήμα 4ο – Επαναπροσδιορισμός εκτιμήσεων: Προσαρμογή των εκτιμήσεων  $S_{t+1}$ ,  $T_{t+1}$ ,  $I_{t+1}$ , με βάση το σφάλμα που παρατηρήθηκε.



## 1.6. Αιτιακές μέθοδοι

Η επόμενη κατηγορία μεθόδων πρόβλεψης περιλαμβάνει τις αιτιακές μεθόδους, που είναι γνωστές και ως μέθοδοι παλινδρόμησης και πρόκειται για ποσοτικές μεθόδους που διερευνούν τη σχέση αιτίας-αιτιατού μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών. Για παράδειγμα, διερευνούν πως επηρεάζει μια μεταβολή στις τιμές, τη ζήτηση κάποιου αγαθού. Αυτό πραγματοποιείται μέσω της συλλογής δεδομένων για τις μεταβλητές που μελετώνται και έπειτα, αξιοποιώντας τα κατάλληλα μοντέλα παλινδρόμησης υπολογίζεται η ποσοτική επίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών στην κυρία. Έτσι, οι προβλέψεις υποθέτουν ότι η μεταβλητή που πρέπει να προβλεφθεί είναι συνάρτηση άλλων ανεξάρτητων παραγόντων (π.χ. τιμή, διαφήμιση, πορεία των αγορών κλπ) και γίνονται προσπάθειες να προσδιοριστεί η σχέση ανάμεσα τους. Επομένως, εάν υπάρχουν προβλέψεις των μελλοντικών τιμών των ανεξάρτητων παραγόντων, μπορεί να γίνει προβλεφθεί η μελλοντική τιμή της μεταβλητής.

### 1.6.1. Γραμμική παλινδρόμηση

Η πιο απλή αιτιακή μέθοδος είναι αυτή της γραμμικής παλινδρόμησης, η οποία υποθέτει ότι η προβλεπόμενη μεταβλητή εξαρτάται από μια ανεξάρτητη και οι δύο αυτές μεταβλητές συνδέονται με γραμμική σχέση, δηλαδή έχει την μορφή:

$$Y = \alpha + \beta \cdot X \quad (17)$$

όπου  $Y$ : εξαρτημένη μεταβλητή

$X$ : ανεξάρτητη μεταβλητή, και

$\alpha, \beta$ : οι προς εκτίμηση συντελεστές της εξίσωσης

Στη σχέση αυτή, « $\alpha$ » είναι η τομή της ευθείας με τον άξονα  $Y$  ( $Y=\alpha$  για  $X=0$ ) και « $\beta$ » είναι ο συντελεστής που μετράει την κλίση της ευθείας, δηλαδή δείχνει πόσο μεταβάλλεται η τιμή του  $Y$ , όταν μεταβάλλεται η τιμή του  $X$  κατά μία μονάδα. Έτσι, η ύπαρξη γραμμικής σχέσης μεταξύ των  $Y$  και  $X$ , σημαίνει ότι εάν αυξηθεί ή μειωθεί η τιμή της μεταβλητής  $X$ , αυτόματα μεταβάλλεται και η τιμή της μεταβλητής  $Y$  κατά μία ποσότητα ίση με την μεταβολή της  $X$  επί το συντελεστή  $\beta$ .

### 1.7. Αξιολόγηση μοντέλων πρόβλεψης

Για να επιλεγεί η καταλληλότερη μέθοδος πρόβλεψης, πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν η απόδοση της πρόβλεψης, η οποία προκύπτει ανάλογα με τα σφάλματά της.

Η προβλεπόμενη ζήτηση, σχεδόν ποτέ δεν θα είναι ίση με την πραγματική απαίτηση, αλλά αντίθετα θα είναι πάντα μεγαλύτερη ή μικρότερη από αυτή. Η διαφορά που προκύπτει μεταξύ της πρόβλεψης και της πραγματικής ζήτησης καλείται *σφάλμα πρόβλεψης*. Στόχος κάθε πρόβλεψης είναι η ελαχιστοποίηση του σφάλματος αυτού. Όταν το σφάλμα είναι υψηλό, τότε υποδηλώνεται ότι είτε η τεχνική της πρόβλεψης είναι λανθασμένη, είτε ότι απαιτούνται τροποποιήσεις στις παραμέτρους της.

Τα σφάλματα χωρίζονται σε *στατιστικά* και *τυχαία*. Τα πρώτα, προκύπτουν από κακή εκτίμηση ή παράλειψη παραγόντων που επηρεάζουν τη ζήτηση, όπως για παράδειγμα η εποχικότητα. Αντίθετα, τα τυχαία σφάλματα οφείλονται σε μη προβλέψιμους παράγοντες που επιδρούν στη ζήτηση.

Το σφάλμα των προβλέψεων προκύπτει από την σύγκριση των τιμών της πρόβλεψης με τις πραγματικές τιμές. Έστω  $F_t$  η πρόβλεψη της ζήτησης για την περίοδο  $t$  και  $D_t$  η πραγματική ζήτηση περιόδου  $t$ . Το σφάλμα της πρόβλεψης  $\varepsilon_t$  ορίζεται ως η διαφορά:

$$\varepsilon_t = D_t - F_t \quad (18)$$

Η συνολική επίδοση ενός μοντέλου πρόβλεψης σε ένα χρονικό διάστημα  $t$  περιόδων, προκύπτει προσθέτοντας το σφάλμα πρόβλεψης κάθε περιόδου. Αρνητικές τιμές, υποδεικνύουν υπερεκτίμηση της ζήτησης, ενώ θετικές τιμές υποεκτίμησή της. Μειονέκτημα είναι ότι οι θετικές αποκλίσεις εξουδετερώνονται από τις αρνητικές. Έτσι, μπορεί να φαίνεται πλασματικά καλή αποτελεσματικότητα, δηλαδή μικρό μέσο σφάλμα αλλά στην πραγματικότητα να έχουν σημειωθεί πολύ υψηλές (θετικές και αρνητικές) αποκλίσεις. Για αυτό το λόγο εφαρμόζονται μετρήσεις κυρίως με απόλυτες και μέσες τιμές σφάλματος.

*Μέση Απόλυτη Απόκλιση (Mean Absolute Deviation - MAD):* Υπολογ τις μονάδες μέτρησης της αρχικής χρονοσειράς και εκφράζει ένα μέτρο της ακρίβειας της πρόβλεψης έναντι των πραγματικών τιμών. Απαντά, δηλαδή, στο αν είναι καλή μια μέθοδος αλλά σε περίπτωση που είναι κακή δεν δίνει πληροφορία αν έχουμε υπερεκτίμηση ή υποεκτίμηση της προς πρόβλεψη μεταβλητής. Όσο υψηλότερη είναι η τιμή του δείκτη, τόσο μικρότερη είναι η ακρίβεια της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε.

$$MAD = \sum_{t=1}^T |D_t - F_t| / T \quad (19)$$

*Μέση Τετραγωνική Απόκλιση (Mean Square Error - MSE):* Υπολογίζει τη διασπορά της κατανομής των σφαλμάτων πρόβλεψης. Αρνητικό της στοιχείο είναι ότι μεγενθύνει μεγάλες αποκλίσεις λόγω του τετραγώνου, με άλλα λόγια δίνει περισσότερο βάρος στα μεγάλα σφάλματα (δεδομένου ότι τα σφάλματα τετραγωνίζονται) και λιγότερο στα μικρά. Έτσι, εφαρμόζεται όταν επιδιώκονται πολλές μικρές αποκλίσεις έναντι μιας πολύ μεγάλης.

$$MSE = \sum_{t=1}^T (D_t - F_t)^2 / T \quad (20)$$

*Μέση Εκατοστιαία Απόλυτη Απόκλιση (Mean Absolute Percentage Error):* προσδίδει ένα αντικειμενικό μέτρο του σφάλματος ως ποσοστό της ζήτησης (π.χ. το σφάλμα πρόβλεψης είναι κατά μέσο όρο 10% της πραγματικής ζήτησης), χωρίς να εξαρτάται από την τάξη μεγέθους της ζήτησης, όπως συμβαίνει στα υπόλοιπα. Είναι εκφρασμένο επί τοις εκατό και οι τιμές του είναι υψηλότερες ή ίσες του μηδενός, με τις χαμηλότερες να υποδηλώνουν και καλύτερη απόδοση της μεθόδου πρόβλεψης.

$$MAPE = 100 \sum_{t=1}^T [|D_t - F_t| / D_t] / T \quad (21)$$

## Κεφάλαιο 2

### ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ

Η διοίκηση ενός παραγωγικού συστήματος, είναι υπεύθυνη για ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της λειτουργίας του, αυτό της διαχείρισης των αποθεμάτων. Ως «απόθεμα» ορίζεται η ποσότητα οποιοδήποτε οικονομικού αγαθού, υλικού ή όχι, εισάγεται στο σύστημα και υπερβαίνει την ποσότητα του αγαθού αυτό που εξάγεται από το σύστημα (Woensel and Donselaar, 2007). Τα αποθέματα είναι τα περιουσιακά στοιχεία μιας εταιρείας και παραμένουν στην κατοχή της για μελλοντική πώληση ή χρήση. Επηρεάζουν την καθημερινή λειτουργία της, αφού απορροφούν μεγάλο μέρος των χρηματικών κεφαλαίων της, είτε έμμεσα για την απόκτησή τους, είτε άμεσα από τη σκοπιά του κόστους για την διαχείριση και αποθήκευσή τους. Τα κεφάλαια που δεν τοποθετούνται σε άλλες επενδύσεις, αλλά χρησιμοποιούνται για την απόκτηση αποθέματος, περικλείουν και το κόστος ευκαιρίας. Όμως, η διαθεσιμότητα σε αποθέματα είναι πολύ σημαντική για μια επιχείρηση, καθώς επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ανταγωνιστικότητά της και την ικανότητά της να εξυπηρετεί με τον αποδοτικότερο τρόπο τις απαιτήσεις των πελατών της.

Μια επιχείρηση δημιουργεί αποθέματα είτε για να μπορεί να διαχειριστεί αποτελεσματικά τις αναπάντεχες διαφορές προσφοράς και ζήτησης ενός προϊόντος, είτε είναι απόρροια πολλών διαφορετικών παραγόντων, όπως κακός προγραμματισμός ή ξαφνικά γεγονότα. Η αβεβαιότητα που επικρατεί ανάμεσα στην προσφορά και τη ζήτηση των αγαθών για την ικανοποίηση των αναγκών των καταναλωτών, καθιστά αναγκαία την ύπαρξη αποθέματος. Έτσι, έχει δημιουργηθεί μια τεχνική ελέγχου των αποθεμάτων (inventory control) έτσι ώστε να παρακολουθείται η ποσότητα του αγαθού που αποθηκεύεται και να λαμβάνονται οι σχετικές αποφάσεις, όπως πότε και σε τι ποσότητα θα έχει η παραγγελία κάθε υλικού κ.ά.

Το μυστικό της επιτυχίας ή της αποτυχίας μιας επιχείρησης «κρέμεται» από μια λεπτή ισορροπία που προκύπτει από την διαχείριση των αποθεμάτων και στηρίζεται στο ότι

μεγάλη ποσότητα αποθέματος μειώνει την κερδοφορία, ενώ μικρή ποσότητα αποθέματος ενέχει τον κίνδυνο της αδυναμίας κάλυψης των αναγκών της ζήτησης, με απόρροια την αρνητική επίδραση στην εικόνα της επιχείρησης. Συνεπώς, η επιχείρηση οφείλει να καθορίζει, όσο γίνεται πιο αποτελεσματικά, πρώτον πότε θα παραγγείλει αγαθά και δεύτερον σε τι ποσότητα.

Όπως γίνεται κατανοητό, το πρόβλημα διαχείρισης των αποθεμάτων είναι από τα πιο σημαντικά για όλες τις εταιρείες, καθώς η διακράτηση αποθεμάτων δεσμεύει ένα μέρος του κεφαλαίου κι επιφέρει ένα κόστος διατήρησης / συντήρησης / αποθήκευσης.

### 2.1. Βασικοί τύποι αποθεμάτων

Τα αποθέματα, χωρίζονται στις εξής κατηγορίες, σύμφωνα με τον τρόπο που δημιουργούνται:

- *Κυκλικό απόθεμα (cycle stock)*: πρόκειται για εκείνο το κομμάτι του συνολικού αποθέματος που εξαρτάται από το ύψος της παραγγελίας και θα χρησιμοποιηθεί για την άμεση εξυπηρέτηση της ζήτησης. Καθορίζεται από το την παραγγελία, ενώ το μέγεθος του αποθέματος καθορίζεται από το χρονικό διάστημα ανάμεσα σε δυο παραγγελίες. Όσο μεγαλύτερο είναι το διάστημα αυτό, τόσο μεγαλύτερο θα είναι και το κυκλικό απόθεμα. Σημειώνεται, ότι το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών παραγγελιών αποτελεί τον κύκλο ζωής (cycle time) των αποθεμάτων, από τη στιγμή που εισέλθει στην αποθήκη μέχρι την πώληση.
- *Απόθεμα ασφαλείας (safety stock)*: διατηρείται ως μέσο προστασίας προκειμένου να μην υπάρξουν εμπόδια στην εξυπηρέτηση πελατών και στην αποφυγή ελλείψεων, όταν εμφανιστούν προβλήματα όπως όταν οι προμηθευτές αδυνατούν να παραδώσουν την συμφωνημένη ποσότητα στην συμφωνημένη ημερομηνία, ή όταν τα εμπορεύματα έχουν υποστεί ζημιές. Για την άμεση αντιμετώπιση τέτοιων περιπτώσεων, είναι απαραίτητη η διατήρηση

αποθεμάτων ασφαλείας ώστε να εξασφαλιστεί η ομαλή λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας. Για να επιτύχει την διατήρηση αποθεμάτων ασφαλείας, παραγγέλνει νωρίτερα απ' ότι χρειάζεται στην πραγματικότητα, είτε παραγγέλνει μεγαλύτερες ποσότητες.

- *Εποχιακό απόθεμα (seasonal stock) ή Απόθεμα αναμονής (anticipation inventory)*: ονομάζεται το προϊόν που διατηρείται για να καλύψει τις εποχιακές διακυμάνσεις της ζήτησης ή σε περιπτώσεις που υπάρχει αβεβαιότητα για την προσφορά ενός αγαθού. Διατηρώντας εποχιακό αποθέματα, οι εταιρείες δεν είναι απαραίτητο να πραγματοποιούν σημαντικές αυξομειώσεις στην παραγωγή, γεγονός που συνεπάγεται κόστος για αυτές.
- *Απόθεμα κίνησης (pipeline stock)*: αφορά παραγγελίες οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί αλλά για κάποιο λόγο, δεν έχουν παραληφθεί ακόμα στην αποθήκη της εταιρείας, και συνεπώς δεν έχει ολοκληρωθεί η παράδοση τους στον τελικό καταναλωτή. Έτσι, συνεχίζουν να ανήκουν στην επιχείρηση, είτε γιατί δεν έχει γίνει η παραγωγή τους είτε το προϊόν δεν έχει φτάσει ακόμη σε αυτή. Υπολογίζονται ως η μέση ζήτηση κατά το χρόνο μεταξύ της παραλαβής δύο διαδοχικών παραγγελιών.
- *Νεκρό απόθεμα (dead stock)*: θεωρείται το απόθεμα όταν δεν υπάρχει ζήτηση για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ένας λόγος που μια εταιρεία διακρατά τέτοιου απόθεμα, είναι διότι μπορεί να αναμένει μελλοντική ζήτηση και να μπορεί να καλύψει άμεσα την ανάγκη ενός πελάτη. Επιπλέον, η απαλλαγή ενός υλικού, μερικές φορές έχει υψηλότερο κόστος από την παραμονή του στην αποθήκη.

## 2.2. Το πρόβλημα διαχείρισης των αποθεμάτων

Ως πρόβλημα διαχείρισης αποθεμάτων ορίζεται η προσπάθεια εξισορρόπησης μεταξύ του κόστους έλλειψης και του κόστους πλεονάσματος αποθέματος ενός αγαθού.

Υπάρχουν αρκετοί λόγοι που καθιστούν τη διαχείριση αποθεμάτων μία από τις σπουδαιότερες λειτουργίες ενός παραγωγικού συστήματος. Η επιχείρηση, αν γνώριζε την πραγματική ζήτηση ενός προϊόντος, θα μπορούσε να παράξει την αντίστοιχη ποσότητα ώστε να την καλύψει ακριβώς. Στην πραγματικότητα, όμως, η ζήτηση σπάνια – έως ποτέ – είναι γνωστή, έτσι η διατήρηση αποθεμάτων δίνει την δυνατότητα στην εταιρεία να διαχωρίσει το παραγωγικό σύστημα από τη ζήτηση και να μπορέσει να ανταπεξέλθει με επιτυχία σε τυχόν μεταβολές της. Με αυτό τον τρόπο, είναι εφικτή η επιτάχυνση και η βελτίωση της άμεσης παράδοσης των προϊόντων στους τελικούς καταναλωτές, περιορίζοντας έτσι την πιθανότητα μη εκπλήρωσης των αναγκών τους ή καθυστερήσεις στις παραδόσεις. Ακόμη, η διατήρηση αποθεμάτων σε πρώτες ύλες και ενδιάμεσα προϊόντα, ικανοποιεί πλήρως τη συνεχή τροφοδοσία του παραγωγικού συστήματος και την ομαλή ροή της παραγωγής, χωρίς να επηρεάζεται από τυχόν καθυστερήσεις των προμηθευτών, και μπορεί να επιτύχει ακόμη και τόνωση του ρυθμού παραγωγής και περιορισμό του κόστους. Για παράδειγμα, διατηρώντας αποθέματα μειώνεται το κόστος αλλαγής μιας μηχανής από την παραγωγή ενός προϊόντος στην παραγωγή ενός άλλου. Κάθε νέα παραγγελία προσδίδει κόστος για την επιχείρηση το οποίο δεν εξαρτάται από την ποσότητα της παραγγελίας. Συνεπώς, το κόστος των παραγγελιών θα είναι μικρότερο, όσο μεγαλύτερες είναι οι παραγγελίες, ακολούθως και ο συνολικός αριθμός παραγγελιών σε έναν προμηθευτή.

### 2.3. Στοιχεία κόστους αποθέματος

Ο όρος «στοιχεία κόστους αποθεμάτων» αναφέρεται στην ουσία στα έξοδα που προβαίνει η επιχείρηση για να αποκτήσει το προϊόν που εμπορεύεται. Στην πραγματικότητα, όμως, δεν αφορά μόνο την τιμή που δαπανήθηκε για την αγορά του, αλλά περιλαμβάνει κι άλλα έξοδα που αφορούν το κόστος αποθήκευσης, διαχείρισης και συντήρησης των αποθεμάτων κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στην αποθήκη. Τα έξοδα αυτά μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- *Κόστος αγοράς:* αφορά την τιμή αγοράς που καταβάλλεται στον προμηθευτή προκειμένου το απόθεμα να εισέλθει στην αποθήκη και να είναι έτοιμο προς

πώληση. Υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας την τιμή του προϊόντος (την στιγμή της αγοράς) με την ποσότητα που παραγγέλλεται και είναι άμεσα εξαρτώμενο από την ζήτηση. Αυτό σημαίνει, πως όσο μεγαλύτερη είναι η ζήτηση, τόσο υψηλότερη θα είναι και η αντίστοιχη ποσότητα που θα παραγγελθεί, με άμεση απόρροια να αυξάνεται το κόστος αγοράς.

- *Κόστος παραγγελίας:* αφορά τα έξοδα που δημιουργούνται για την προετοιμασία και επεξεργασία των παραγγελιών αγοράς ή παραγωγής αγαθών, και για την παραλαβή και επιθεώρηση των εμπορευμάτων που έχουν παραγγελθεί. Η αμοιβή που δίνεται σε υπαλλήλους που εμπλέκονται στην ολοκλήρωση της αγοράς των παραγγελιών, στη μεταφορά των αποθεμάτων στην αποθήκη, στην παραλαβή και σε όλες τις εμπλεκόμενες διαδικασίες, συμπεριλαμβάνονται στο κόστος παραγγελίας.
- *Κόστος διατήρησης:* πρόκειται για το κόστος που σχετίζεται με την διατήρηση αποθεμάτων στην αποθήκη. Περιλαμβάνει το κόστος αποθήκευσης, το κόστος ασφάλισης, σωστής διαχείρισης (ενοίκιο χώρου και συντήρησής του) έτσι ώστε να διατηρείται σε καλή κατάσταση μέχρι να πουληθεί, τις αποσβέσεις και το κόστος της οικονομικής απαξίωσής του με το πέρασμα του χρόνου. Επιπλέον, περιλαμβάνει και το κόστος δεσμευμένου κεφαλαίου, το οποίο προκύπτει από την ανάγκη της εταιρείας για επένδυση χρηματικών πόρων ώστε να διατηρεί αποθέματα, αντί να τους χορηγήσει σε άλλους τομείς. Το κόστος αυτό ισούται ή είναι υψηλότερο της απόδοσης που θα είχε η επιχείρηση εάν είχε επενδύσει αυτά τα κεφάλαια σε προϊόντα χαμηλότερου κινδύνου. Ένα ακόμη κόστος που συμπεριλαμβάνεται σε αυτή την κατηγορία, είναι αυτό που προέρχεται από τους κινδύνους που δημιουργούνται από τις αγορές. Τέτοιοι μπορεί να είναι από φθορές, ζημιές κατά την μεταφορά των εμπορευμάτων, ελαττωματικά προϊόντα, καθώς και η μη πώληση αποθέματος και η παραμονή του για μεγάλο χρονικό διάστημα στην αποθήκη.



- *Κόστος ελλείψεων*: περιλαμβάνει τα έξοδα που βιώνει η επιχείρηση όταν το απόθεμά της εξαντληθεί. Δηλαδή, εάν ένας πελάτης θέλει να το αγοράσει, η επιχείρηση αδυνατεί να εκπληρώσει την επιθυμία του, κι έτσι δημιουργείται έλλειψη, επηρεάζοντας την φήμη της επιχείρησης. Κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί λόγω ξαφνικής αύξησης της ζήτησης, καθυστέρηση παραλαβών από τον προμηθευτή ή από άλλους απρόβλεπτους παράγοντες (πχ: παραλαβή ελαττωματικού προϊόντος). Επίσης, περιλαμβάνει και το κόστος από τις χαμένες πωλήσεις, το κόστος λόγω καθυστερημένης πώλησης και συνεπώς την απώλεια του πελάτη λόγω της δυσαρέσκειας και της μη ικανοποίησης της απαίτησής του.

## 2.4. Συστήματα διαχείρισης αποθέματος

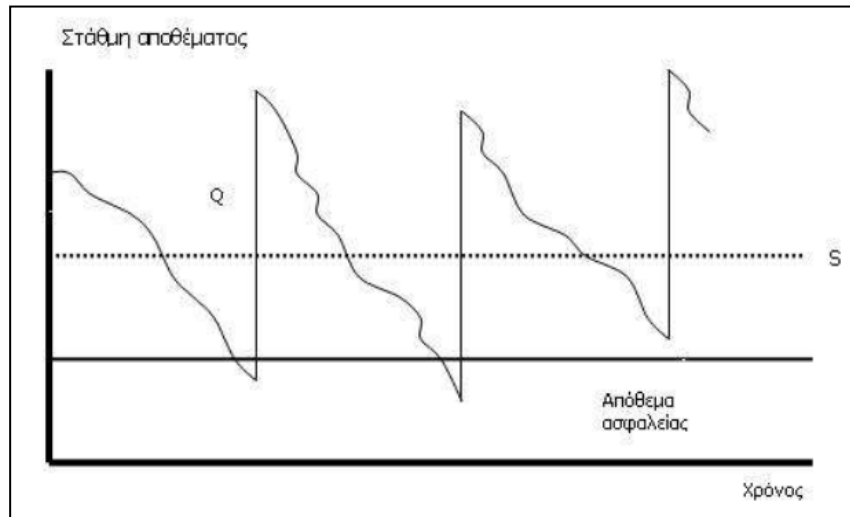
Το πρόβλημα διαχείρισης των αποθεμάτων, ουσιαστικά, ξεκινάει από τη στιγμή που κρίνεται αναγκαίο να αποφασιστεί πότε πρέπει να τοποθετηθεί παραγγελία για αναπλήρωση του αποθέματος και πόσο πρέπει να είναι το μέγεθος αυτής. Για την κατάλληλη επιλογή αποθεματοποίησης υπάρχουν οι εξής βασικές κατηγορίες:

- Σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας
- Σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας
- Μικτό σύστημα επιλεκτικής αναπλήρωσης
- Σύστημα προγραμματισμού απαιτούμενων υλικών

### 2.4.1. Σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας

Στο σύστημα αυτό, όταν το απόθεμα βρεθεί σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο  $S$  τοποθετείται παραγγελία σταθερής ποσότητας  $Q$  (Σχήμα 1). Το ύψος του  $S$  είναι καθορισμένο έτσι ώστε να επαρκεί να καλύψει τη ζήτηση κατά τη διάρκεια του χρόνου υστέρησης, αφήνοντας στο τέλος του χρόνου αυτού το απόθεμα ασφαλείας. Με άλλα λόγια, όταν παραληφτεί ποσότητα  $Q$ , θα έχει αναλωθεί η διαφορά μεταξύ  $S$  και αποθέματος ασφαλείας. Συνεπώς, οι ποσότητες  $S$  και  $Q$ , αποτελούν τις παραμέτρους του συστήματος, το οποίο συνεπάγεται χαμηλά αποθέματα και αντίστοιχα χαμηλό κόστος αποθέματος, βρίσκοντας έτσι εφαρμογή σε περιπτώσεις

όπου ελέγχεται η στάθμη των αποθεμάτων προκειμένου να παρακολουθείται άμεσα τότε πρέπει να τοποθετηθεί η παραγγελία.



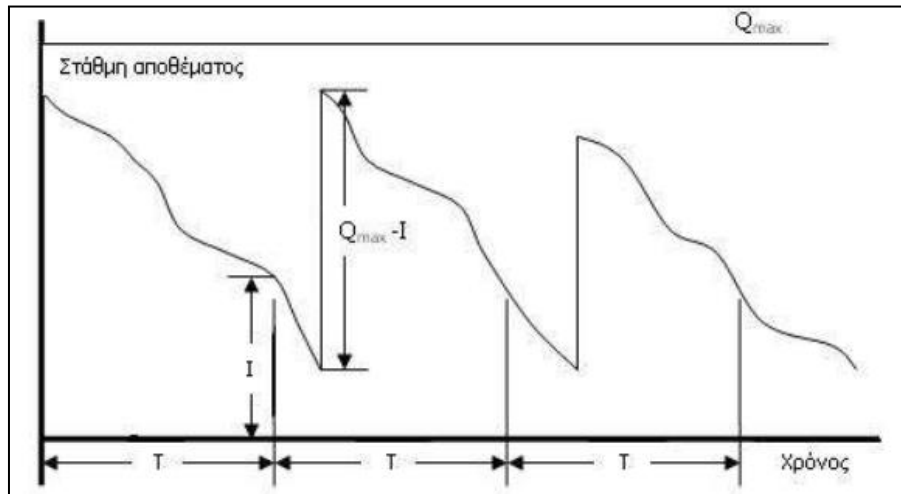
Σχήμα 1: Σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας

#### 2.4.2. Σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας

Εδώ, η περίοδος τοποθέτησης παραγγελιών είναι σταθερή και όχι η ποσότητας παραγγελίας. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2, οι παράμετροι είναι ο χρόνος ( $T$ ) και το μέγιστο όριο ποσότητας ( $Q_{\max}$ ). Σε τέτοιου είδους συστήματα, η στάθμη των αποθεμάτων επιθεωρείται περιοδικά, σε σταθερό χρονικό διάστημα  $T$ , για να προγραμματίζεται κάθε παραγγελία, και το ύψος της δεν θα ξεπερνά το προκαθορισμένο μέγιστο όριο  $Q_{\max}$ . Έτσι, εάν η τρέχουσα ποσότητα αποθέματος κατά τη χρονική στιγμή της επιθεώρησης είναι  $I$ , τότε θα πραγματοποιηθεί παραγγελία ίση με τη διαφορά ( $Q_{\max} - I$ ). Προφανώς, η ποσότητα αυτή διαφέρει μεταξύ των περιόδων, καθώς εξαρτάται από το ρυθμό που αναλώνεται το αποθέματο, δηλαδή από την ζήτηση.

Σε αντίθεση με το προηγούμενο σύστημα που ήταν αρκετά κοστοβόρο, αυτό αφού δεν χρειάζεται τακτική παρακολούθηση των αποθεμάτων, περιορίζει το κόστος παρακολούθησης, και, γενικά το κόστος διαχείρισης του αποθέματος. Εάν επιτευχθεί ο προγραμματισμός του ελέγχου την ίδια μέρα για όλα τα υλικά μαζί, τότε το κόστος μπορεί να μειωθεί ακόμα περισσότερο, καθώς μπορεί να υπάρξει συνδυασμός των

παραγγελιών του ίδιου προμηθευτή, δημιουργώντας μειωμένα μεταφορικά έξοδα αλλά και επιπλέον εκπτώσεις στις τιμές.



Σχήμα 2: Σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας

Τέλος, το πιο σπουδαίο πλεονέκτημα του συστήματος αυτού, είναι ότι μπορεί να προβλεφθεί μία αλλαγή στη μέση ζήτηση, λόγω της περιοδικής επιθεώρησης, κι έτσι να υπάρξει άμεση προσαρμογή του μέγιστου ορίου  $Q_{max}$  το οποίο είναι ήδη μεγαλύτερο από αυτό του προηγούμενου συστήματος.

#### 2.4.3. Μικτό σύστημα επιλεκτικής αναπλήρωσης

Το σύστημα αυτό, συνδυάζει τα χαρακτηριστικά των δύο προηγούμενων συστημάτων. Εδώ, τα επίπεδα του αποθέματος επιθεωρούνται περιοδικά, κατά ορισμένα χρονικά διαστήματα, αλλά οι παραγγελίες τοποθετούνται μόνο όταν το ύψος του βρεθεί κάτω από ένα προκαθορισμένο επίπεδο. Όταν συμβεί κάτι τέτοιο, γίνεται παραγγελία τόσης ποσότητας, ώστε να γίνει αναπλήρωση του αποθέματος ασφαλείας, που ίσως αναλώθηκε, και να καλυφθεί η ποσότητα προβλεπόμενης ανάλωσης στην επόμενη περίοδο. Επομένως, στο σύστημα αυτό, όπως γίνεται και στο πρώτο, διατηρείται ο υπολογισμός παραγγελίας μιας σταθερής ποσότητας, μόνο με τη διαφορά ότι τώρα προστίθεται στην ποσότητα της παραγγελίας και το μέρος του αποθέματος ασφαλείας που πιθανώς αναλώθηκε. Επιπλέον, παραμένει και το χαρακτηριστικό της σταθερής περιόδου επιθεώρησης και αναπλήρωσης του αποθέματος, όπως συμβαίνει στο δεύτερο σύστημα που παρουσιάστηκε παραπάνω. Συνεπώς, απαιτούνται τρεις παράμετροι (περίοδος, επίπεδο αποθεμάτων και

ποσότητα παραγγελίας). Το μικτό αυτό σύστημα, εμπεριέχει το πιο χαμηλό συνολικό κόστος αποθέματος.

#### 2.4.4. Σύστημα προγραμματισμού απαιτούμενων υλικών

Το σύστημα αυτό, χρησιμοποιείται στην περίπτωση όπου τα υλικά είναι πρώτες ύλες ή εξαρτήματα, αλλά όχι τελικά. Οι ημερομηνίες παραγωγής των τελικών προϊόντων, είναι αυτές που καθορίζουν τις ποσότητες αλλά και τον χρόνο που παραγγέλλονται (ή κατασκευάζονται).

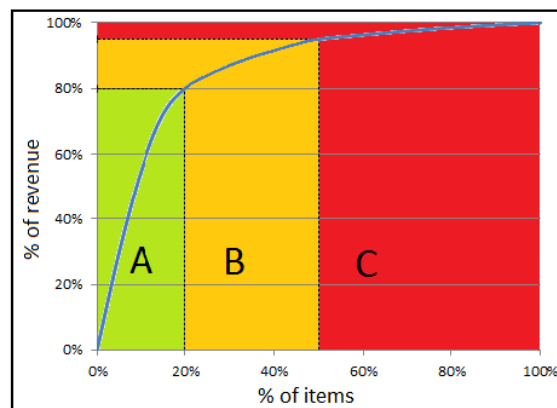
### 1.5. Ταξινόμηση ABC

Για μια επιχείρηση που η αποθήκη της αποτελείται από χιλιάδες κωδικούς, δεν είναι εύκολο να παρακολουθούνται όλα τα είδη ταυτόχρονα, με τον ίδιο ρυθμό και την ίδια προσοχή. Συνεπώς, πρέπει κάθε φορά να επιλέγεται το κατάλληλο σύστημα ανάλογα με τη φύση της παραγωγής της εταιρείας, τον έλεγχο του αποθέματος κλπ. Κάποια υλικά είναι πιο απαραίτητα στην παραγωγική διαδικασία από κάποια άλλα, κάποια είναι πιο ευπαθή, ή πιο ακριβά, καθιστώντας αναγκαία την πιο συχνή επιτήρηση των αποθεμάτων τους συγκριτικά με τα υπόλοιπα προϊόντα. Έτσι, τα είδη πρέπει να ταξινομούνται ανάλογα με την αξία και την σημαντικότητά τους. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα δίνεται από την ανάλυση ABC, η οποία είναι μια μέθοδος διαχείρισης και κατηγοριοποίησης των αποθεμάτων μέσα από τον τακτικό έλεγχο και την παρακολούθησή τους (Γιαννάκαινας, 2004). Σύμφωνα λοιπόν αυτή, τα αποθέματα διαχωρίζονται με βάση την αξίας τους, σε τρεις κατηγορίες :

- *Κατηγορία Α:* Στην κατηγορία αυτή σύμφωνα με τον κανόνα 80/20 (αρχή Pareto), το 20% των αποθεμάτων αντιπροσωπεύει το 80% του τζίρου μιας επιχείρησης από τις πωλήσεις. Επειδή τα είδη της κατηγορίας αυτής έχουν μεγάλη αξία, η παρακολούθησή τους είναι συχνή και τακτική, καθώς αποφέρουν τα μεγαλύτερα έσοδα σε μια επιχείρηση. Επομένως, στην κατηγορία αυτή ανταποκρίνεται καλύτερα το σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας, καθώς απαιτείται συχνή παρακολούθηση του επιπέδου

ανάλωσης και του χρόνου παραγγελίας, έτσι ώστε το απόθεμα ασφαλείας να είναι πάντα διαθέσιμο.

- *Κατηγορία Β:* Η κατηγορία αυτή εμπεριέχει το 30% των ειδών που αντιπροσωπεύουν το 15% της αξίας του αποθέματος. Τα είδη αυτά έχουν χαμηλότερη αξία από αυτά της κατηγορίας Α και δεν χρήζουν τόσο συχνή παρακολούθηση, αλλά περισσότερο περιοδική. Συνεπώς, εδώ εφαρμόζεται το σύστημα επιλεκτικής αναπλήρωσης.
- *Κατηγορία C:* Στην κατηγορία αυτή ανήκει το υπόλοιπο 50% των ειδών που αντιπροσωπεύουν μόλις το 5% της αξίας του αποθέματος. Τα είδη αυτά έχουν ακόμη μικρότερη αξία από τις δύο προηγούμενες κατηγορίες, αλλά χαρακτηρίζονται από μεγάλη και συχνή κίνηση. Στην κατηγορία αυτή το σύστημα που συμβάλλει περισσότερο έτσι ώστε οι παράμετροι να ελέγχονται πιο συχνά, για τυχόν αλλαγές στο χρόνο της παραγγελίας ή στο ρυθμό ανάλωσης του αποθέματος, είναι αυτό της σταθερής περιόδου παραγγελίας.



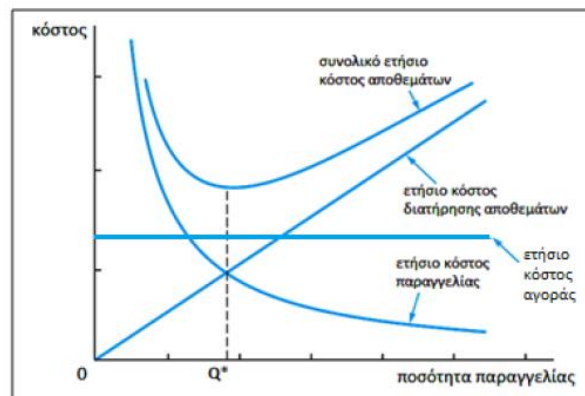
Εικόνα 4: Ανάλυση ABC

Αξίζει να σημειωθεί πως η αξία των αποθεμάτων δεν είναι το μοναδικό μέτρο σύγκρισης για τη σημαντικότητα ενός είδους. Τόσο το περιθώριο κέρδους, όσο και το αντίκτυπο από τις χαμένες πωλήσεις λόγω ελλείψεως αποθέματος, θα πρέπει επίσης να επηρεάσουν τη στρατηγική της επιχείρησης.

## 2.6. Μοντέλο Οικονομικής Ποσότητας Παραγγελίας (ΟΠΠ)

Η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας που εξισορροπεί το ύψος των δαπανών μεταξύ του κόστους διατήρησης αποθεμάτων και της ποσότητας αναπλήρωσής τους, είναι η «οικονομική ποσότητα παραγγελίας». Όπως αναφέρθηκε, το σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας, είναι από τα κύρια συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων είναι σύμφωνα με το οποίο όταν το απόθεμα βρεθεί σε ένα προκαθορισμένο επίπεδο, τοποθετείται παραγγελία σταθερής ποσότητας. Στο σύστημα αυτό, βασική είναι η έννοια του σημείου αναπαραγγελίας (ΣΑ), καθώς και της έννοια της οικονομικής ποσότητας παραγγελίας (ΟΠΠ), δηλαδή της ποσότητας που ελαχιστοποιεί το ολικό κόστος του αποθέματος (ΟΚΑ).

Υπάρχουν τρεις συνιστώσες του κόστους αυτού. Η πρώτη είναι το κόστος αγοράς του αποθέματος, η δεύτερη το κόστος διατήρησης του αποθεμάτων, που είναι ανάλογο του μέσου ύψους των αποθεμάτων, και η τρίτη είναι το κόστος διαχείρισης των παραγγελιών (ή κόστος αναπλήρωσης αποθεμάτων). Οι δύο τελευταίες συνιστώσες είναι ανταγωνιστικές, δηλαδή όσο το κόστος διατήρησης του αποθέματος αυξάνεται, τόσο το κόστος διατήρησης των παραγγελιών μειώνεται, και αντίστροφα (Εικόνα 5).



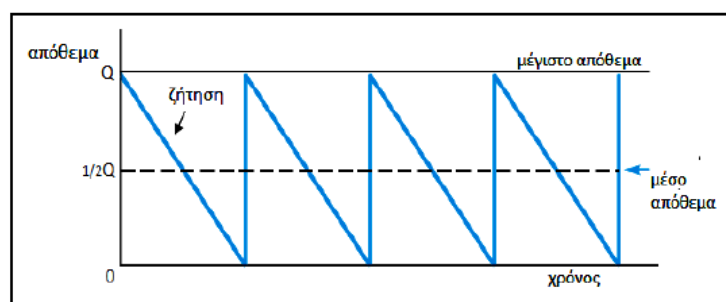
Εικόνα 5: Συνολικό κόστος αποθεμάτων

Το ελάχιστο κόστος βρίσκεται στο σημείο όπου το συνολικό κόστος παραγγελίας ισούται με το συνολικό κόστος διατήρησης αποθέματος. Η ποσότητα που αντιστοιχεί στο σημείο αυτό είναι και η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας.

Στην απλούστερη περίπτωση, το παραπάνω πρόβλημα εκφράζεται όπως στην Εικόνα 5 και το μοντέλο βασίζεται στις εξής υποθέσεις:

- Η ζήτηση (ανάωση του αποθέματος) είναι γνωστή, σταθερή και συνεχής (δεν υπάρχει τάση ή εποχικότητα)
- Η ποσότητα παραλαβής ισούται με την ποσότητα που παραγγέλλεται
- Ο χρόνος παράδοσης είναι μηδενικός
- Η παραλαβή της παραγγελίας είναι στιγμιαία και πλήρης
- Η ποσότητα  $Q$  που παραγγέλλεται ισούται με το μέγιστο επίπεδο αποθέματος  $M$
- Τα μοναδιαία κόστη αγοράς, διατήρησης και διαχείρισης αποθέματος παραμένουν σταθερά.

Μια ποσότητα παραγγελίας  $Q$ , παραλαμβάνεται και χρησιμοποιείται με σταθερό ρυθμό στο πέρασμα του χρόνου. Το μέγιστο απόθεμα ( $M$ ) είναι ίσο με την ποσότητα  $Q$  που παραγγέλλεται κάθε φορά. Όταν το επίπεδο του αποθέματος τείνει να μηδενιστεί, η παραγγελία παραλαμβάνεται ολόκληρη άμεσα, ακριβώς τη στιγμή που η ζήτηση εξαντλεί ολόκληρο το απόθεμα, επιτρέποντας έτσι να μην υπάρχουν ελλείψεις. Αυτός ο κύκλος επαναλαμβάνεται συνεχώς για την ίδια ποσότητα παραγγελίας.



Εικόνα 6: Βασικό Οικονομικό Μοντέλο Αποθεμάτων

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η ποσότητα  $Q$  είναι το ύψος της παραγγελίας που ελαχιστοποιεί το κόστος των αποθεμάτων, κάτι που αντιδρά αντίστροφα σε μια αύξηση του μεγέθους της παραγγελίας. Καθώς αυξάνεται η ποσότητα μιας παραγγελίας, λιγότερες παραγγελίες απαιτούνται, μειώνοντας το κόστος παραγγελίας,

ενώ ο μέσος όρος των αποθεμάτων αυξάνεται με αντίστοιχη αύξηση του κόστους διαχείρισης. Η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας αντιπροσωπεύει ένα συμβιβασμό ανάμεσα στις δύο αντικρουόμενες δαπάνες.

Το συνολικό κόστος αποθεμάτων μπορεί να οριστεί από το συνολικό άθροισμα του κόστους αγοράς, του κόστους διαχείρισης παραγγελίας και του κόστους διατήρησης αποθέματος. Υπολογίζεται από τον τύπο:

$$TC(Q) = dC + \frac{d}{Q} C_p + \frac{Q}{2} C_h$$

όπου:

- $p$ : το μοναδιαίο κόστος αγοράς του είδους
- $R$ : η ετήσια ζήτηση (ανάληψη) του είδους (σε μονάδες)
- $Q$ : η ποσότητα που παραγγέλλεται κάθε φορά
- $Ch$ : το κόστος διατήρησης αποθέματος μιας μονάδας για ένα έτος
- $Cp$ : το κόστος διαχείρισης μιας παραγγελίας
- $d \cdot C$  : το συνολικό κόστος αγοράς, που ισούται με την ετήσια ζήτηση επί το μοναδιαίο κόστος αγοράς
- $\frac{d}{Q} * Cp$  : το συνολικό κόστος διαχείρισης παραγγελίας, που είναι ίσο με το άθροισμα των παραγγελιών (ανά έτος) επί το κόστος διαχείρισης κάθε παραγγελίας
- $\frac{Q}{2} * Ch$ : το συνολικό κόστος διατήρησης αποθέματος, που ισούται με το μέσο επίπεδο αποθέματος επί του κόστους διατήρησης ανά μονάδα

Η οικονομική ποσότητα παραγγελίας (ΟΠΠ) προκύπτει από τη σχέση:

$$Q^* = (ΟΠΠ) = \sqrt{\frac{2dC_p}{C_h}}$$

Δεδομένου ότι η οικονομική ποσότητα παραγγελίας (ΟΠΠ) είναι γνωστή, μπορεί να υπολογιστεί και το ύψος όλων των παραγγελιών στη διάρκεια ενός έτους ( $n$ ) καθώς



και το χρονικό διάστημα  $T$  που μεσολαβεί ανάμεσα σε δύο παραγγελίες. Έτσι, ο αριθμός παραγγελιών ανά έτος υπολογίζεται από τον τύπο:

$$n = \frac{d}{0\pi\pi} = \sqrt{\frac{dC_h}{2C_p}}$$

και η περίοδος αναπαραγγελίας από τον τύπο:

$$T = \frac{1}{n} = \sqrt{\frac{2C_p}{dC_h}}$$

Τέλος, το ελάχιστο κόστος αποθεμάτων ανά μονάδα χρόνου δίνεται από τη σχέση:

$$TC^* = dC + \sqrt{2dC_h C_p}$$

Ο προσδιορισμός του μοντέλου οικονομικής ποσότητας παραγγελίας αν και είναι δύσκολο να ανταποκριθεί σε πραγματικές συνθήκες, δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Με βάση το μοντέλο της ΟΠΠ, παραγγέλνονται συχνά σε μικρές ποσότητες τα είδη με υψηλό κόστος, ενώ λιγότερο συχνά παραγγέλνονται σε μεγάλες ποσότητες τα είδη με χαμηλό κόστος. Βέβαια, υπάρχουν πάντα απρόβλεπτοι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τη διαχείριση του αποθέματος και αντίστοιχα το οικονομικό μοντέλο, όπως ανεπαρκείς χώροι αποθήκευσης, δυσκολίες κατά τη μεταφορά, καθυστερήσεις στην παράδοση κ.ά. Η βέλτιστη πολιτική δεν μπορεί να υπολογιστεί χωρίς να είναι γνωστές οι πραγματικές τιμές των παραμέτρων του μοντέλου. Σαφώς, εάν ακολουθείται διαφορετική πολιτική μπορεί να έχει μικρές αποκλίσεις και το πραγματικό κόστος θα είναι μεγαλύτερο από το κόστος της πραγματικής βέλτιστης πολιτικής.

Αξίζει να σημειωθεί, πως η ζήτηση και ο χρόνος παράδοσης είναι αβέβαια στοιχεία και μεταβάλλονται συνεχώς. Μια απότομη άνοδος της ζήτησης ή μια καθυστέρηση στην παράδοση των εμπορευμάτων από τον προμηθευτή, είναι φαινόμενα που μπορούν να συμβούν συχνά στην καθημερινή λειτουργία μιας επιχείρησης. Για την αντιμετώπιση τέτοιων γεγονότων, είναι απαραίτητη η ύπαρξη αποθέματος ασφαλείας, το οποίο αποσκοπεί στην ικανοποίηση της ζήτησης και κατ' επέκταση στην αποφυγή

ελλείψεων. Συνεπώς, όταν η ζήτηση είναι αβέβαιη κρίνεται απαραίτητη η συνεχής επιθεώρηση των αποθεμάτων, έτσι ώστε μέσω του τακτικού ελέγχου να αποτρέπονται ελλείψεις. Όμως, και το ύψος των αποθεμάτων ασφαλείας πρέπει να προσδιορίζεται με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια, καθώς μπορεί να επηρεάσει δραματικά την λειτουργία της. Υπερβολικά υψηλά επίπεδα αποθέματος ασφαλείας μπορούν να οδηγήσουν σε υψηλό κόστος διατήρησης λόγω δέσμευσης κεφαλαίου, ενώ χαμηλά σε απώλειες πωλήσεων και κατά συνέπεια, σε μη ικανοποίηση της ζήτησης. Ως εκ τούτου, κρίνεται απαραίτητη η εύρεση της σωστής ισορροπίας του αποθέματος ασφαλείας.

## Κεφάλαιο 3

# ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό, θα αναλυθούν κάποια μοντέλα πρόβλεψης με εφαρμογή σε πραγματικά δεδομένα από δύο εταιρείες που δραστηριοποιούνται σε διαφορετικούς κλάδους, έτσι ώστε, ανάλογα με τη μορφή της ζήτησης που εμφανίζουν, να αποδειχθεί στην πράξη ποιο είναι το καταλληλότερο για κάθε περίπτωση.

Σημειώνεται ότι για λόγους εχεμύθειας τα προϊόντα δεν θα παρουσιάζονται σύμφωνα με την επωνυμία των εταιρειών.

### 3.1. Περίπτωση Α

Τα στοιχεία της πρώτης εταιρίας, διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες προϊόντων:

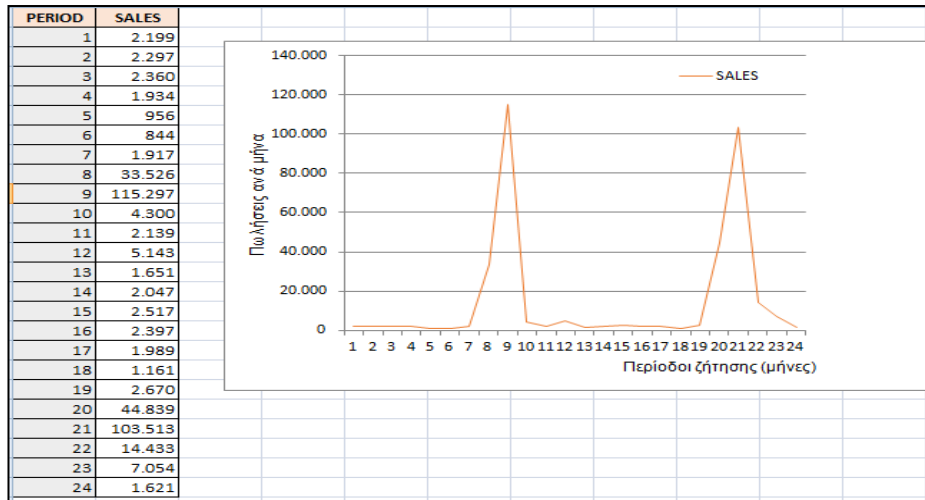
- 1) Χαρτοπωλειακά
- 2) Ηλεκτρικές συσκευές
- 3) Τηλεοράσεις
- 4) Αναλώσιμα

Για κάθε κατηγορία θα αναλυθούν στοιχεία της μηνιαίας ζήτησης για τρία επιμέρους υλικά, χρησιμοποιώντας συναρτήσεις στο λογισμικό του Excel.

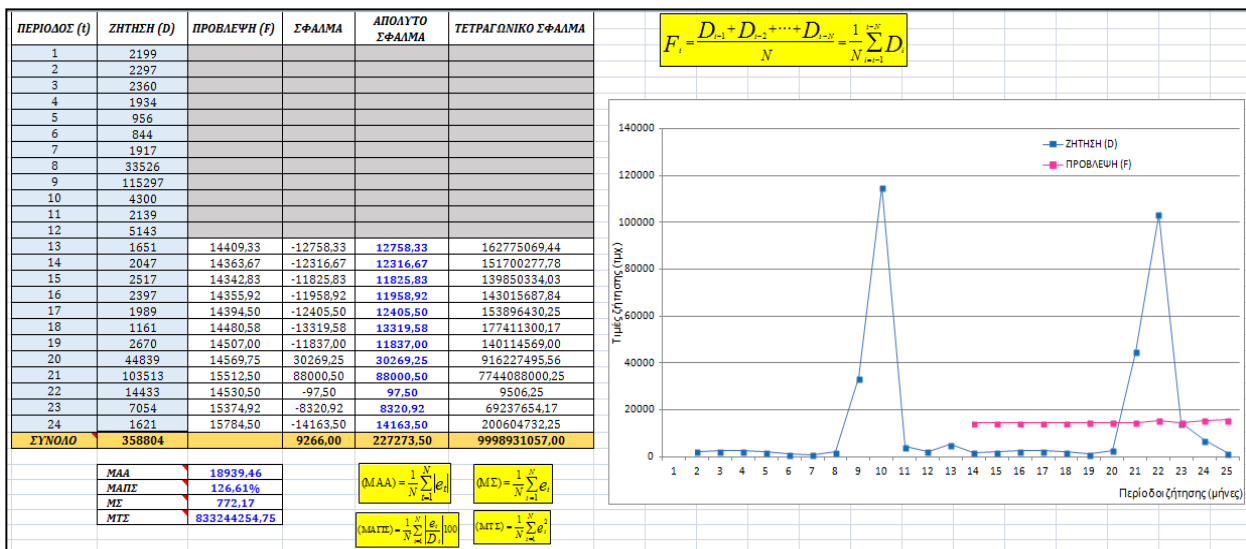
#### Κατηγορία 1: Χαρτοπωλείο

Τα είδη της πρώτης κατηγορίας, χαρακτηρίζονται από χαμηλό κόστος απόκτησης (<4,00 €) και διάθεσης στην αγορά, απευθύνονται σε όλους τους καταναλωτές και δεν έχουν κάποιο περιορισμό στη διάρκεια ζωής τους.

➤ Για το προϊόν Α η ζήτηση των τελευταίων 24 μηνών απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εφαρμόζοντας την μέθοδο του κινούμενου μέσου όρου, για t=24 περιόδους και εύρος κινούμενων περιόδων N=12, έχουμε τα εξής αποτελέσματα:



Όμοια, για τα ίδια δεδομένα, εφαρμόζοντας την μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης με τάση και εποχικότητα, προκύπτουν τα εξής:

ΠΕΡΙΟΔΟΣ (t)	ΖΗΤΗΣΗ (D)	ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ (S)	ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΕΠΟΧΗΣ (I)	ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΤΑΣΗΣ (T)	ΠΡΟΒΛΕΨΗ (F)	ΣΦΑΛΜΑ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΜΑ	ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ
1	2.199	2199,00	0,15	1,00				
2	2.297	2248,50	0,16	46,11				
3	2.360	1172,90	0,16	-997,08				
4	1.934	86,94	0,13	-1079,74				
5	956	-496,84	0,07	-618,50				
6	844	-558,35	0,06	-100,50				
7	1.917	-338,96	0,13	197,00				
8	33.526	14,11	2,33	342,15				
9	115.297	346,62	8,00	333,18				
10	4.300	346,35	0,30	23,08				
11	2.139	231,06	0,15	-105,61				
12	5.143	14409,33	0,23	1,00				
13	1.651	12614,40	0,15	-1669,22	2199,15	-548,15	45,68	25039,27
14	2.047	11893,12	0,17	-667,56	1744,78	302,22	25,19	7611,52
15	2.517	13296,74	0,16	1235,57	1838,55	678,45	56,54	38357,63
16	2.397	16195,62	0,10	2620,38	1950,51	446,49	37,21	16613,12
17	1.989	24397,62	0,07	7811,29	1248,36	740,64	61,72	45711,81
18	1.161	26015,14	0,10	2051,08	1886,58	-725,58	60,46	43871,89
19	2.670	24067,78	1,44	-1667,47	3733,90	-1063,90	88,66	94322,90
20	44.839	20835,96	5,66	-3122,31	52118,50	-7279,50	606,62	4415925,83
21	103.513	15325,13	2,88	-5343,63	141736,63	-38223,63	3185,30	121753846,73
22	14.433	29173,30	0,29	12504,74	2978,66	11454,34	954,53	10933499,35
23	7.054	44598,59	0,20	15220,85	6186,91	867,09	72,26	62653,05
24	1.621	33368,45	0,11	-9378,56	14017,74	-12396,74	1033,06	12806600,90
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>358804</b>					<b>-45748,27</b>	<b>6227,23</b>	<b>150244054,01</b>

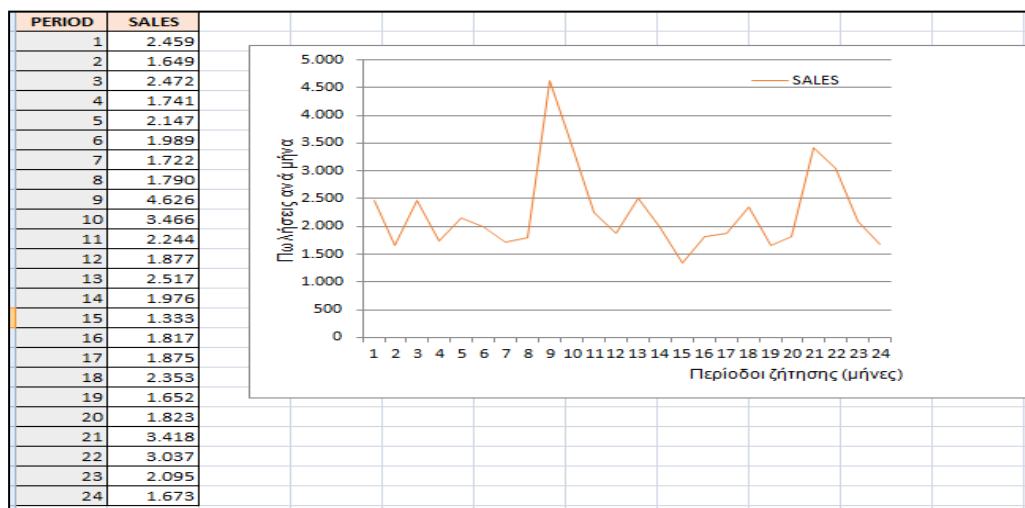
Αριθμός περιόδων ζήτησης	12
Βήμα	0,93
Alpha (α)	0,5
Gamma (γ)	0,40

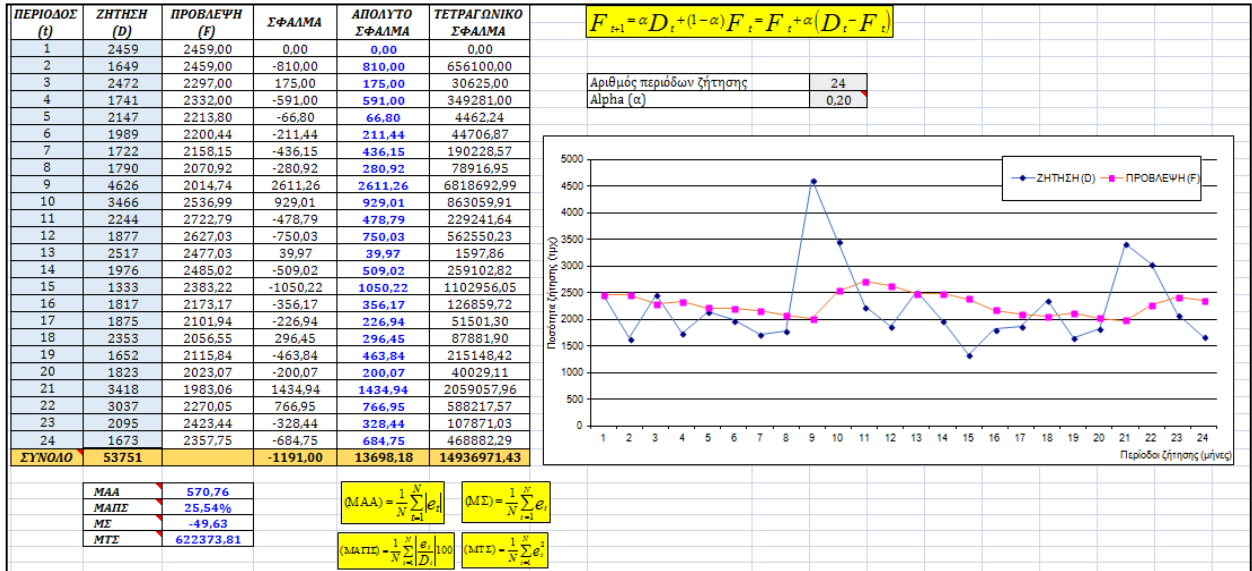
AVERAGE DEMAND	14409,33	$(MA)_N = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i$	$(ME) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i$
ΜΑΑ	518,94	$(MA)_{100} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{e_i}{D_i} \cdot 100$	$(ME) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{e_i}{D_i}$
ΜΑΠΕ	95,23%		
ΜΕ	-3812,36		
ΜΤΕ	12520337,83		

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων παρατηρείται ότι το μέσο απόλυτο σφάλμα του κινούμενου μέσου όρου ισούται με 18.939,46, ενώ αυτό στην εκθετική εξομάλυνση είναι 518,94. Συμπεραίνεται, λοιπόν, πως η δεύτερη μέθοδος είναι καταλληλότερη στην πρόβλεψη της ζήτησης του συγκεκριμένου προϊόντος. Αυτό, μπορεί να επιβεβαιωθεί παρατηρώντας και την καμπύλη της πραγματικής ζήτησης, καθώς αυτή επαναλαμβάνεται μέσα στις περιόδους (πχ: αυξητικές τάσεις στις περιόδους 7-9 και 19-21).

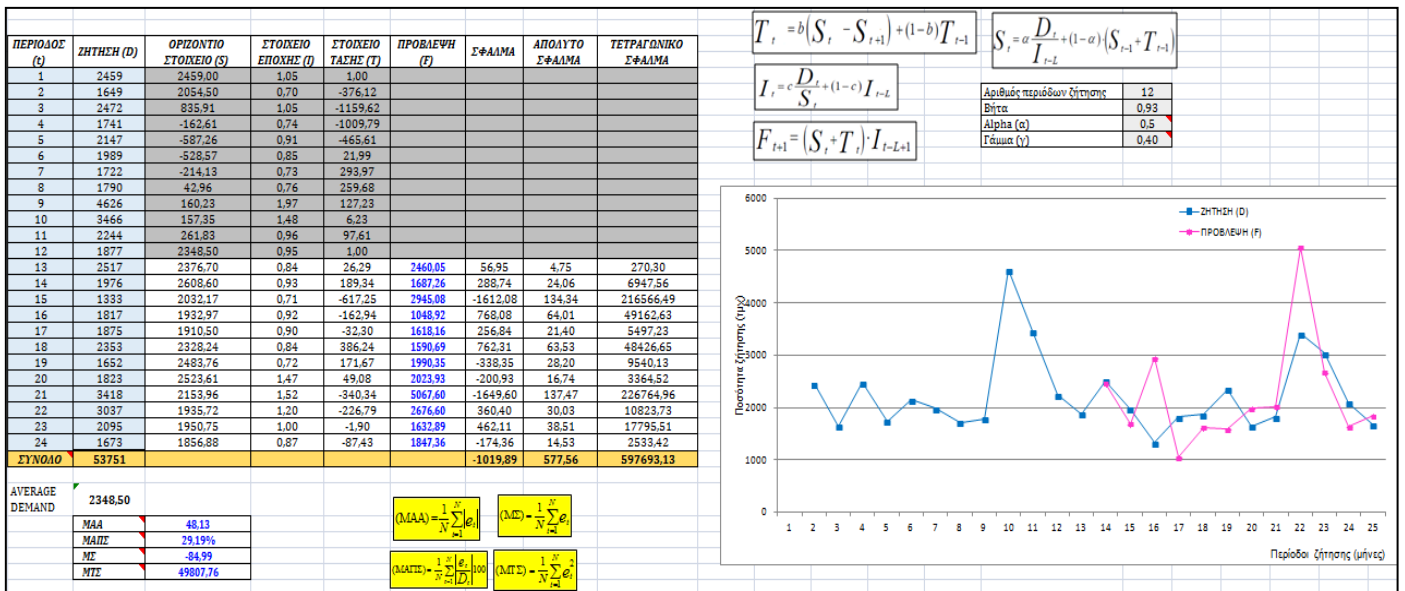
➤ Για το προϊόν Β η ζήτηση των τελευταίων 24 μηνών απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εφαρμόζοντας την μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης, για t=24 περιόδους, έχουμε τα εξής αποτελέσματα:



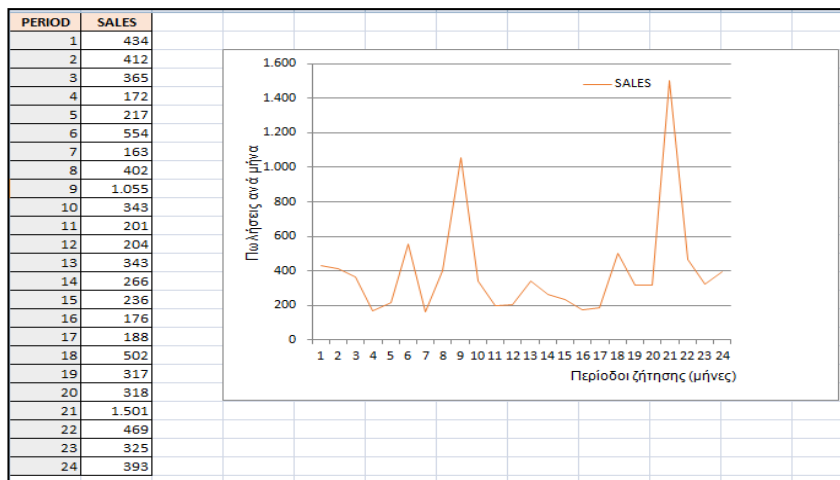
Όμοια, για τα ίδια δεδομένα, εφαρμόζοντας την μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης με τάση και εποχικότητα, προκύπτουν τα εξής:



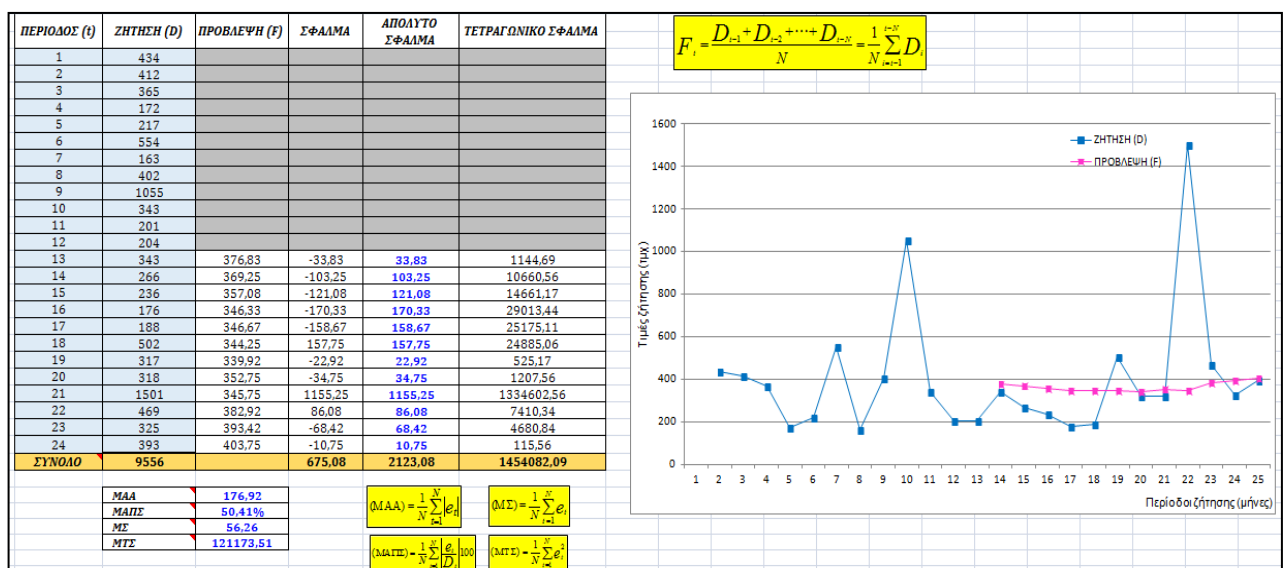
Παρατηρώντας τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων συμπεραίνεται ότι το μέσο απόλυτο σφάλμα της απλής εκθετικής εξομάλυνσης ισούται με 570,76, ενώ αυτό στην εκθετική εξομάλυνση με τάση και εποχικότητα είναι 48,13. Συμπεραίνεται, λοιπόν,

πως η δεύτερη μέθοδος είναι η καταλληλότερη στην πρόβλεψη της ζήτησης του αγαθού αυτού. Αυτό, μπορεί να επιβεβαιωθεί παρατηρώντας και την καμπύλη της πραγματικής ζήτησης, καθώς αυτή επαναλαμβάνεται μέσα στις περιόδους (πχ: αυξητικές τάσεις στις περιόδους 8-10 και 20-22).

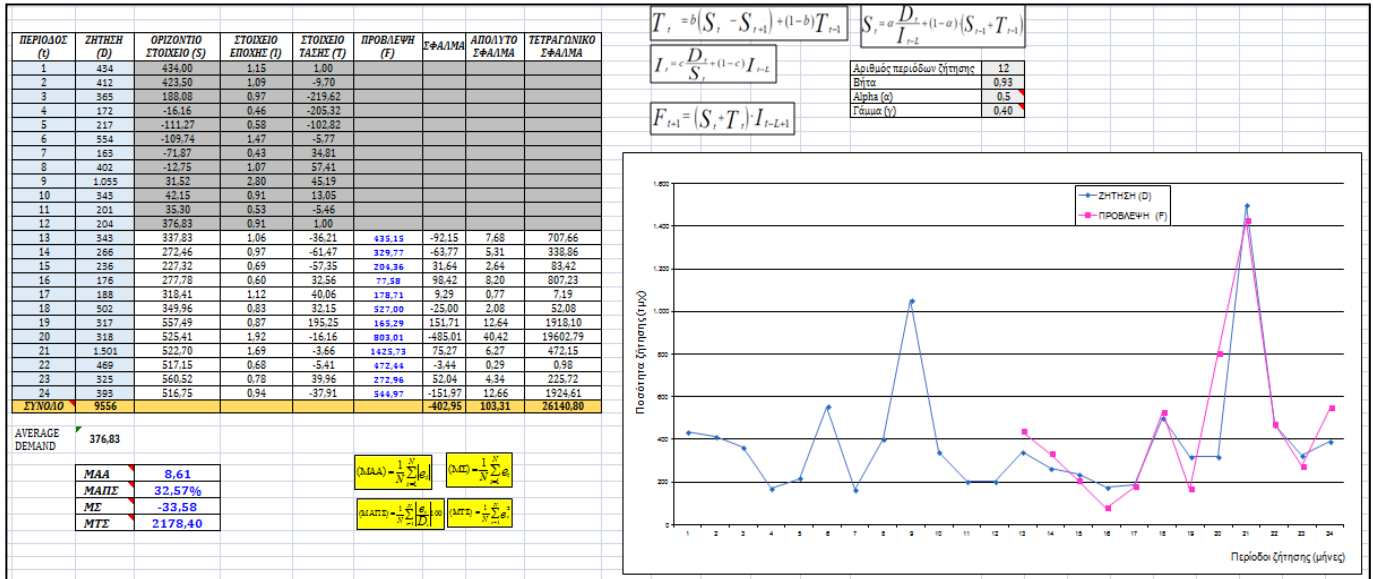
- Για το προϊόν Γ η ζήτηση των τελευταίων 24 μηνών απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εφαρμόζοντας την μέθοδο του κινούμενου μέσου όρου, για t=24 περιόδους και εύρος κινούμενων περιόδων N=12, έχουμε τα εξής αποτελέσματα:



Όμοια, για τα ίδια δεδομένα, εφαρμόζοντας την μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης με τάση και εποχικότητα, προκύπτουν τα εξής:



Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων παρατηρείται ότι στην περίπτωση του κινούμενου μέσου όρου, το σφάλμα ισούται με 176,92, ενώ στην εκθετική εξομάλυνση με 8,61. Συμπεραίνεται, λοιπόν, πως και εδώ, η δεύτερη μέθοδος είναι καταλληλότερη καθώς προσεγγίζει σε μεγαλύτερο βαθμό τις πραγματικές τιμές της ζήτησης. Αυτό, επιβεβαιώνεται και από την καμπύλη της πραγματικής ζήτησης, καθώς αυτή επαναλαμβάνεται μέσα στις περιόδους (πχ: αυξητικές τάσεις στις περιόδους 8-10 και 20-22).

Συνεπώς, και για τα τρία προϊόντα της κατηγορίας αυτής, η μέθοδος με τα πιο αξιόπιστα αποτελέσματα είναι αυτή της εκθετικής εξομάλυνσης με τάση και εποχικότητα, διότι τα προϊόντα αυτά, όπως αποδείχθηκε παραπάνω, εμφανίζουν εποχικότητα κυρίως τους μήνες Αύγουστο με Οκτώβριο, λόγω της έναρξης της σχολικής περιόδου και της έντονης ζήτησης για χαρτοπωλειακά ήδη.

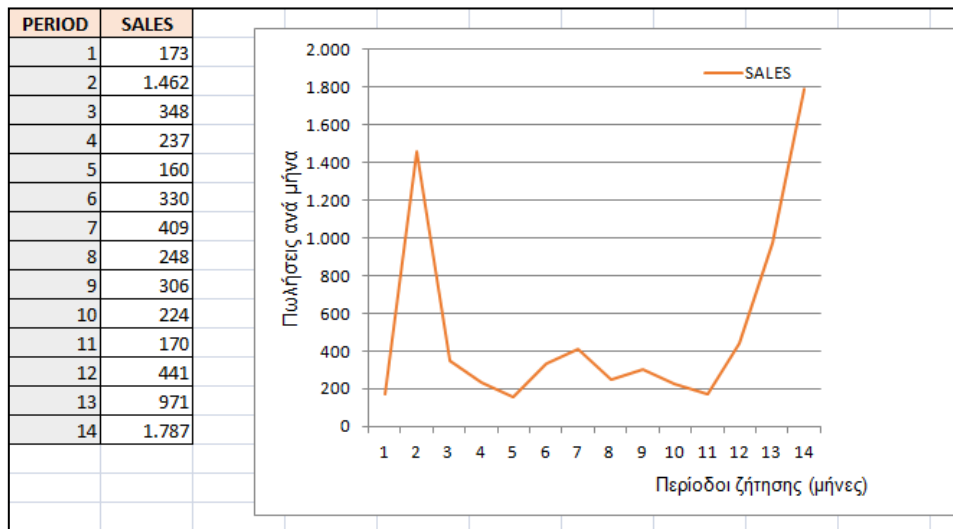
Κατηγορία 2: Ηλεκτρικές Συσκευές

Τα είδη της κατηγορίας αυτής, χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος απόκτησης (50-250 €) και ακόμη υψηλότερο ποσό διάθεσης στην αγορά, απευθύνονται σε καταναλωτές που είναι ενήμεροι για τις εξελίξεις στα τεχνολογικά μέσα, δεν έχουν

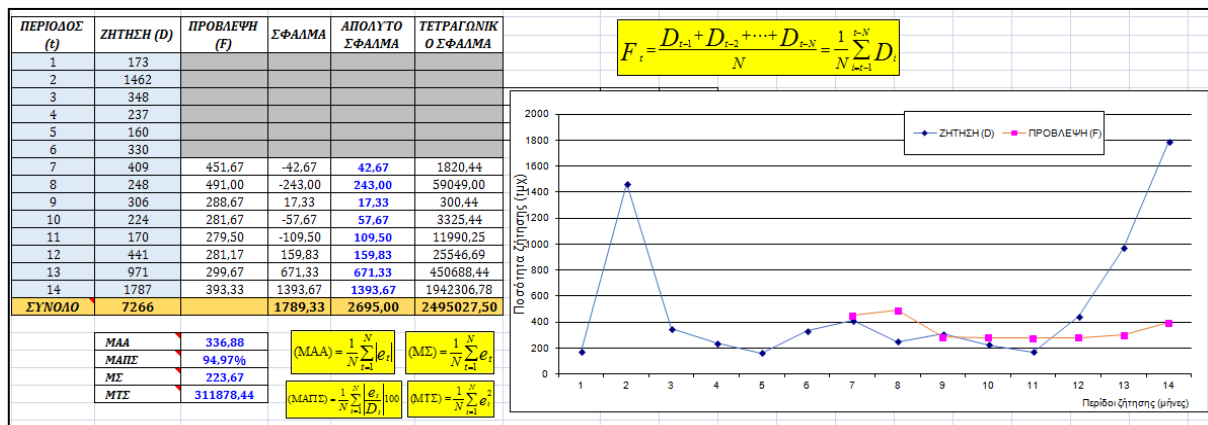


συγκεκριμένο όριο ζωής αλλά τα χαρακτηριστικά τους συμβαδίζουν με την τεχνολογική πρόοδο, συνεπώς μετά από κάποιο χρονικό διάστημα θεωρούνται ξεπερασμένα. Για το λόγο αυτό δεν υπάρχουν δεδομένα για μεγάλο χρονικό διάστημα προηγούμενων περιόδων.

- Για το προϊόν Α η ζήτηση των τελευταίων 14 μηνών απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εφαρμόζοντας την μέθοδο του κινούμενου μέσου όρου, για t=14 περιόδους και εύρος κινούμενων περιόδων N=6, έχουμε τα εξής αποτελέσματα:



Όμοια, για τα ίδια δεδομένα, εφαρμόζοντας την μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης με τάση και εποχικότητα, προκύπτουν τα εξής:

ΠΕΡΙΟΔΟΣ (t)	ΖΗΤΗΣΗ (D)	ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ (S)	ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΕΠΟΧΗΣ (I)	ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΤΑΣΗΣ (T)	ΠΡΟΒΛΕΨΗ (F)	ΣΦΑΛΜΑ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΜΑ	ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ
1	173		0.38	1.00				
2	1462		3.24	0.07				
3	348		0.77	0.00				
4	237		0.52	0.00				
5	160		0.35	0.00				
6	330	451.67	0.73	420.05				
7	409	1024.73	0.39	562.36	333.89	75.11	9.39	705.19
8	248	142.98	2.79	-780.66	5137.25	-4889.25	611.16	2988098.83
9	306	379.36	0.78	165.19	0.00	306.00	33.25	11704.50
10	224	423.56	0.53	53.67	285.74	-61.74	7.72	476.44
11	170	475.95	0.36	52.41	168.70	1.30	0.16	0.21
12	441	594.66	0.73	114.06	386.03	54.97	6.87	377.65
13	971	2369.88	0.39	1658.95	274.88	696.12	87.01	60572.66
14	1787	762.38	2.65	-1378.85	11224.99	-9437.99	1179.75	11134453.35
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>7266</b>				<b>13258.49</b>	<b>1940.31</b>	<b>14196388.83</b>	

Αριθμός περιόδων ζήτησης	8
Βήματα	0.93
Αόριστα (α)	0.5
Γάμμα (γ)	0.3

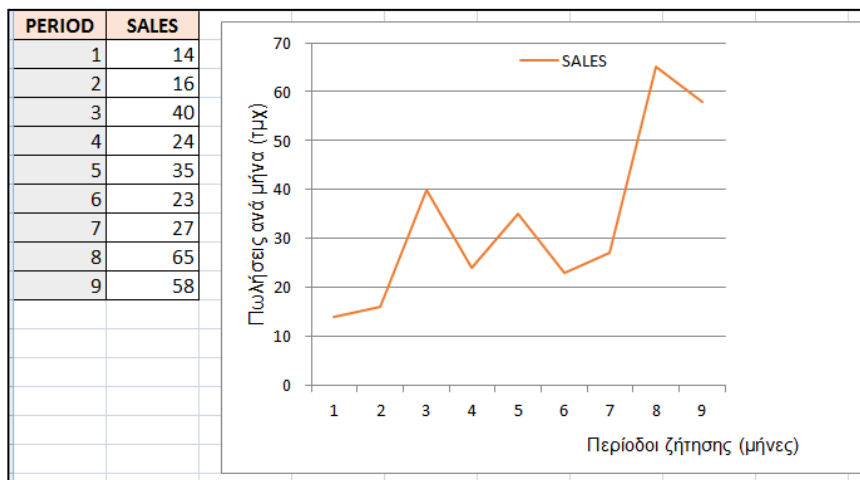
  

AVERAGE DEMAND	451.67	$(\Delta\text{ΜΑΑ}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N  e_i $	$(\Delta\text{ΜΣ}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N  e_i $
ΜΑΑ	633.38	$(\Delta\text{ΜΑΤΣ}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N  e_i $	$(\Delta\text{ΜΣΤ}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N  e_i $
ΜΑΠΣ	299.92%		
ΜΣ	4370.93		
ΜΤΣ	5597513.00		

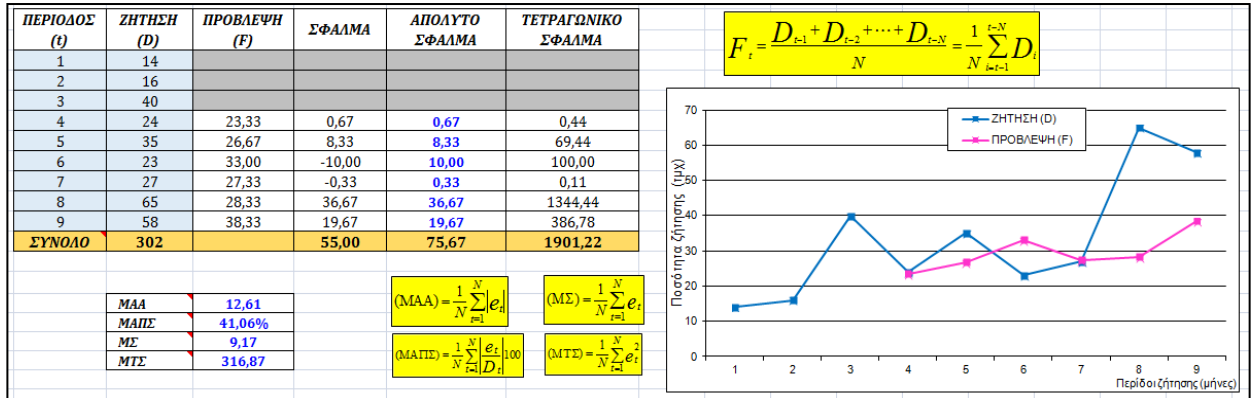
  

Σε αυτή την περίπτωση φαίνεται ότι το μέσο απόλυτο σφάλμα του κινούμενου μέσου όρου ισούται με 336,88 και είναι μικρότερο από αυτό της εκθετικής εξομάλυνσης (633,38). Συνεπώς, η πρώτη μέθοδος είναι πιο αποτελεσματική σε αυτό το προϊόν, γεγονός που γίνεται κατανοητό και από την διαγραμματική απεικόνιση της πρόβλεψης και των πραγματικών τιμών της ζήτησης.

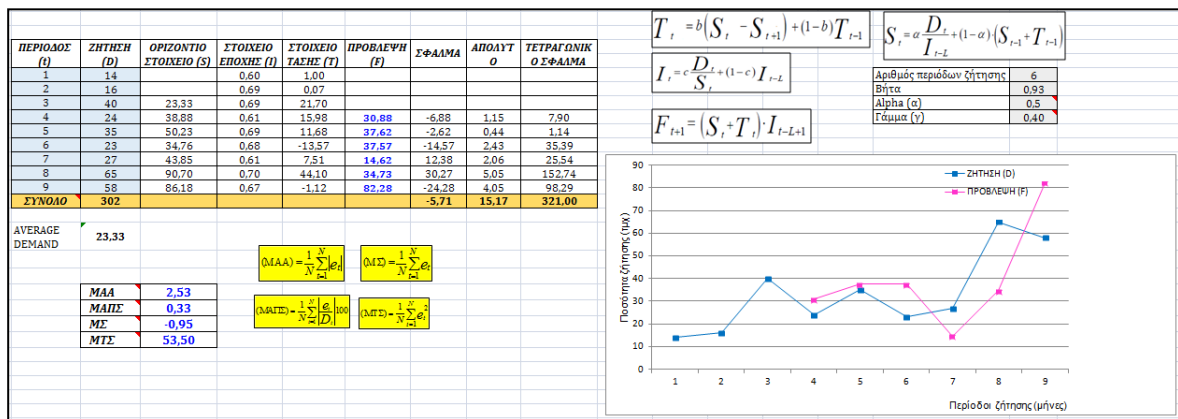
- Για το προϊόν Β η ζήτηση των τελευταίων 9 μηνών απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εφαρμόζοντας την μέθοδο του κινούμενου μέσου όρου, για t=9 περιόδους και εύρος κινούμενων περιόδων N=3, έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

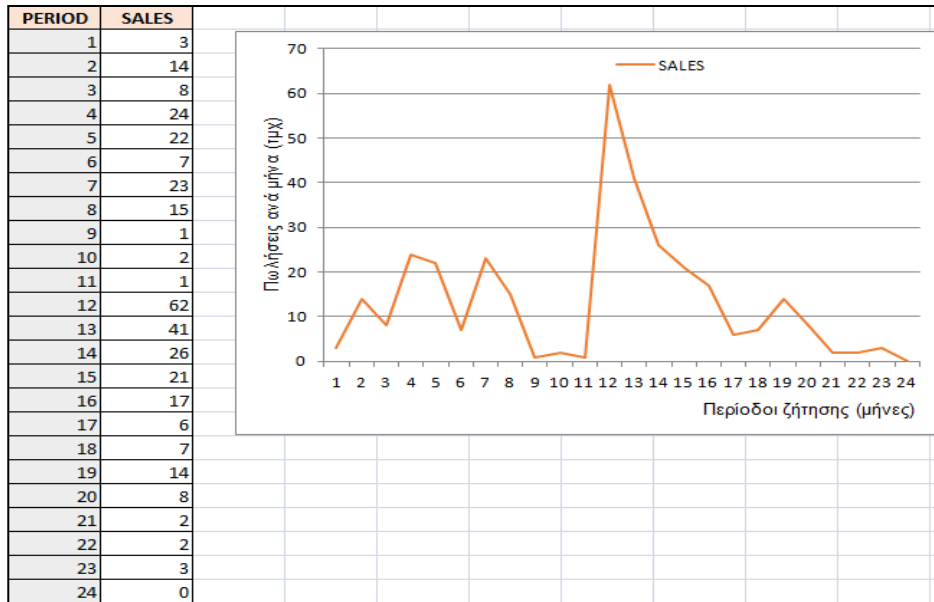


Όμοια, για τα ίδια δεδομένα, εφαρμόζοντας την μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης με τάση και εποχικότητα, προκύπτουν τα εξής:

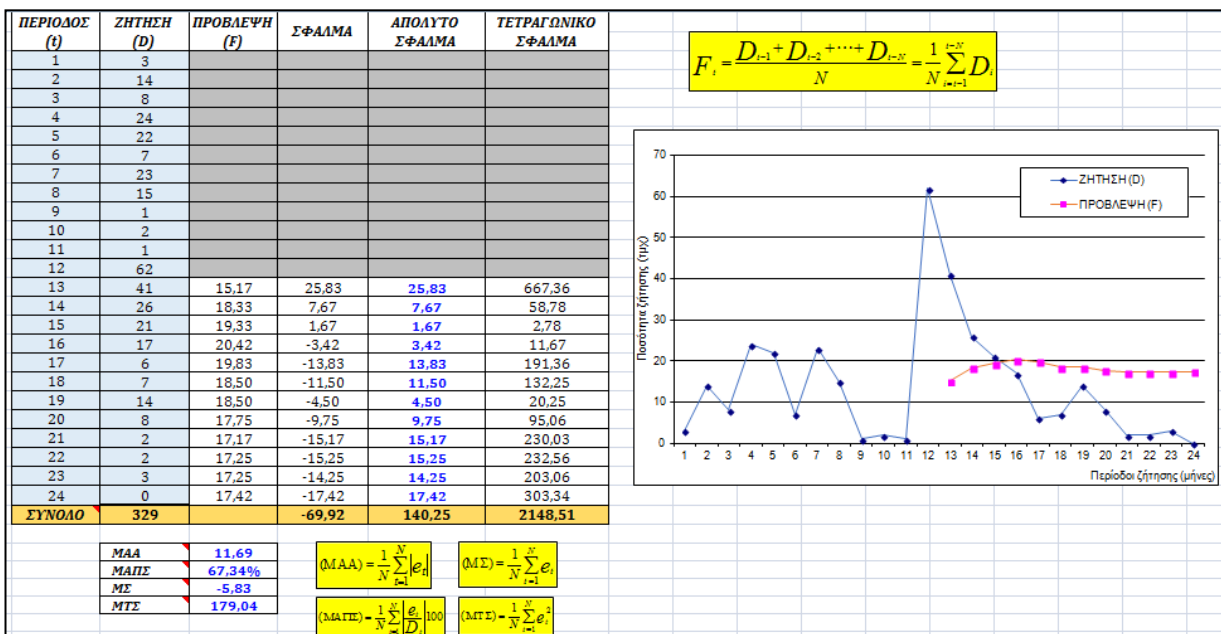


Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων ότι στην περίπτωση του κινούμενου μέσου όρου, το μέσο απόλυτο σφάλμα ισούται με 12,61, ενώ αυτό στην εκθετική εξομάλυνση είναι 2,53. Συμπεραίνεται, λοιπόν, πως η δεύτερη μέθοδος είναι καταλληλότερη στην πρόβλεψη της ζήτησης του συγκεκριμένου προϊόντος, καθώς προσεγγίζει σε μεγαλύτερο βαθμό τις πραγματικές τιμές της ζήτησης.

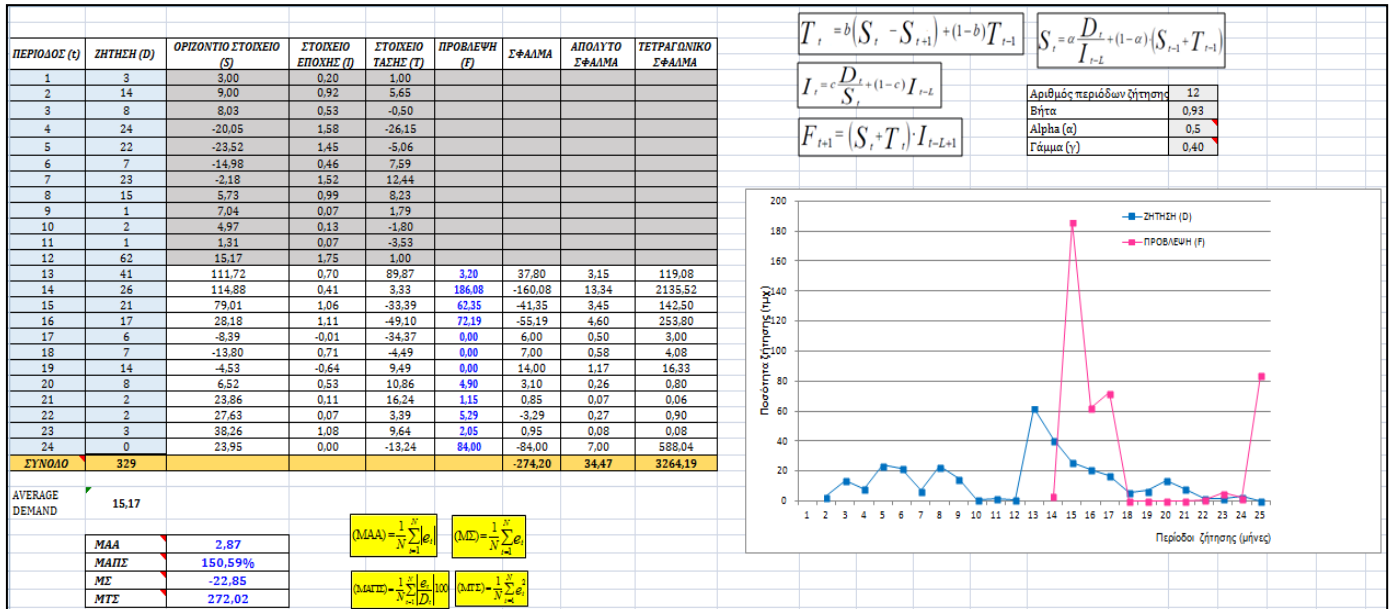
➤ Για το προϊόν Γ η ζήτηση των τελευταίων 24 μηνών απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εφαρμόζοντας την μέθοδο του κινούμενου μέσου όρου, για t=24 περιόδους και εύρος κινούμενων περιόδων N=12, έχουμε τα εξής αποτελέσματα:



Όμοια, για τα ίδια δεδομένα, εφαρμόζοντας την μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης με τάση και εποχικότητα, προκύπτουν τα εξής:



Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων παρατηρείται ότι το μέσο απόλυτο σφάλμα του κινούμενου μέσου όρου ισούται με 11,69, ενώ αυτό στην εκθετική εξομάλυνση είναι 2,87. Συμπεραίνεται, λοιπόν, πως η δεύτερη μέθοδος είναι καταλληλότερη στην πρόβλεψη της ζήτησης του συγκεκριμένου προϊόντος, καθώς προσεγγίζει σε μεγαλύτερο βαθμό τις πραγματικές τιμές της ζήτησης.

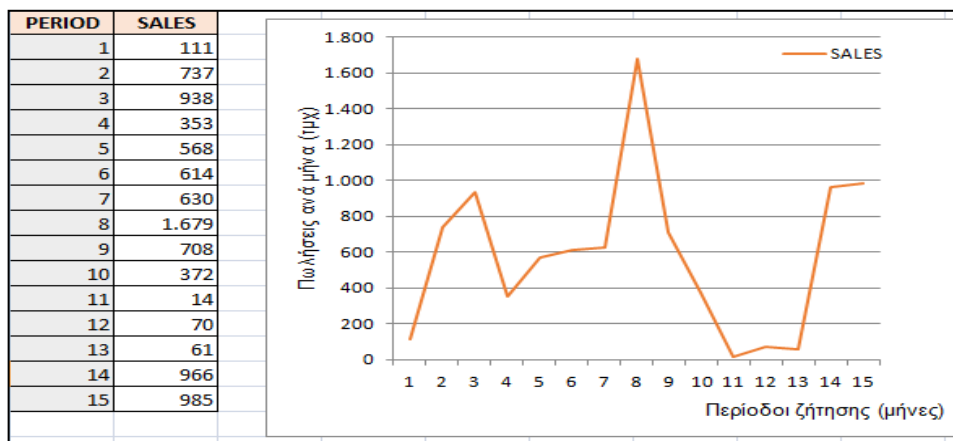
Συνεπώς, για τις ηλεκτρικές συσκευές δεν μπορεί να βγει ένα ακριβές συμπέρασμα για την μέθοδο πρόβλεψης που πρέπει ακολουθούν, καθώς η «ξαφνική» αύξηση της ζήτησης εξαρτάται από περιόδους εκπτώσεων, κυκλοφορίας νέων προϊόντων κλπ. και υπάρχει μεγάλη επιρροή από το ποσό που είναι διατεθειμένος να καταβάλλει ο κάθε καταναλωτής.

### Κατηγορία 3: Τηλεοράσεις

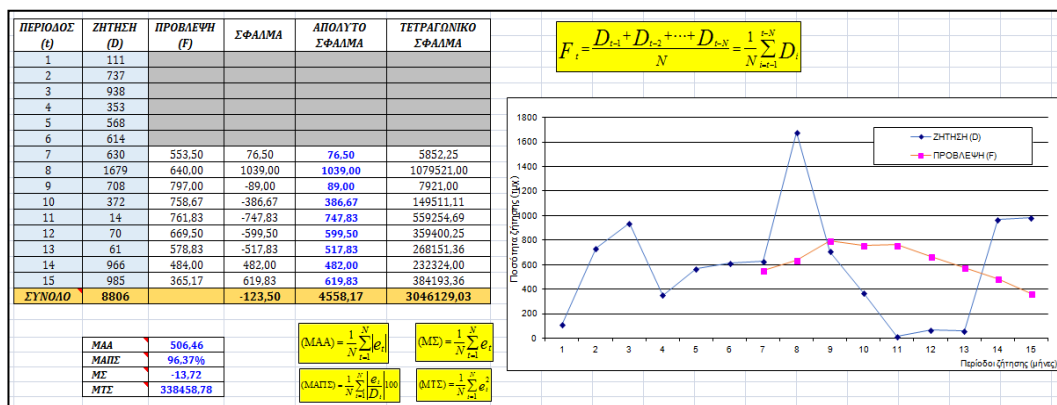
Τα είδη της κατηγορίας αυτής, χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος απόκτησης (180-490€) και ακόμη υψηλότερο ποσό διάθεσης στην αγορά, απευθύνονται σε καταναλωτές που είναι μεν ενήμεροι για τις εξελίξεις στα τεχνολογικά μέσα αλλά παράλληλα θέλουν να ικανοποιούνται και οι προσδοκίες τους στην ανάλυση της εικόνας και σε άλλες νέες τεχνολογίες (πχ: Smart TV κλπ), γι' αυτό δίνουν έμφαση

και στις διαστάσεις του προϊόντος. Όπως η κατηγορία των ηλεκτρικών συσκευών, έτσι κι αυτή εξαρτάται από τις τεχνολογικές αλλαγές, και αυτός είναι ο λόγος που δεν υπάρχουν δεδομένα για μεγάλα χρονικά διαστήματα καθώς τα προϊόντα αντικαθίστανται ανάλογα με τις νέες τεχνολογικές τάσεις.

- Για το προϊόν Α η ζήτηση των τελευταίων 24 μηνών απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εφαρμόζοντας την μέθοδο του κινούμενου μέσου όρου, για t=15 περιόδους και εύρος κινούμενων περιόδων N=6, έχουμε τα εξής αποτελέσματα:



Όμοια, για τα ίδια δεδομένα, εφαρμόζοντας την μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης με τάση και εποχικότητα, προκύπτουν τα εξής:

ΠΕΡΙΟΔΟΣ (t)	ΖΗΤΗΣΗ (D)	ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ (S)	ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΕΠΟΧΗΣ (I)	ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΤΑΣΗΣ (T)	ΠΡΟΒΛΕΨΗ (F)	ΣΦΑΛΜΑ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΜΑ	ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ
1	111	111,00	0,20	1,00				
2	737	643,25	1,33	495,06				
3	938	172,36	1,69	-403,28				
4	353	-35,98	0,64	-221,43				
5	568	-40,70	1,03	-20,45				
6	614	553,50	1,11	1,00				
7	630	2753,44	0,21	2046,01	111,20	518,20	57,64	29905,88
8	1679	1791,73	1,25	-751,17	6390,60	-4711,60	523,51	2466572,17
9	708	511,20	1,63	-1243,48	1763,42	-1055,42	117,27	123767,39
10	372	385,96	0,70	-203,52	0,00	372,00	41,33	15376,00
11	14	38,96	0,89	-336,93	187,22	-173,22	19,25	3333,77
12	70	8,94	2,45	-51,51	0,00	70,00	7,78	544,44
13	61	245,08	0,21	216,00	0,00	61,00	6,78	413,44
14	966	724,66	1,27	461,13	577,36	388,44	43,16	16764,72
15	955	690,66	1,39	0,66	1916,98	951,08	105,68	1100505,55
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>8806</b>					<b>-5481,07</b>	<b>922,39</b>	<b>2757183,37</b>

Αριθμός περιόδων ζήτησης	9
Beta	0,93
Alpha (α)	0,85
Tau (τ)	0,20

$$T_t = b(S_t - S_{t-1}) + (1-b)T_{t-1}$$

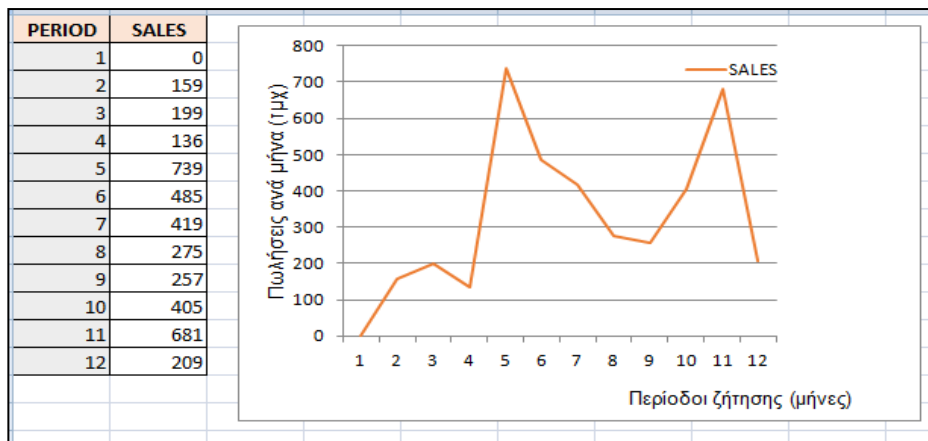
$$S_t = \alpha \frac{D_{t-L}}{I_{t-L}} + (1-\alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$I_t = c \frac{D_t + (1-c)I_{t-1}}{S_t}$$

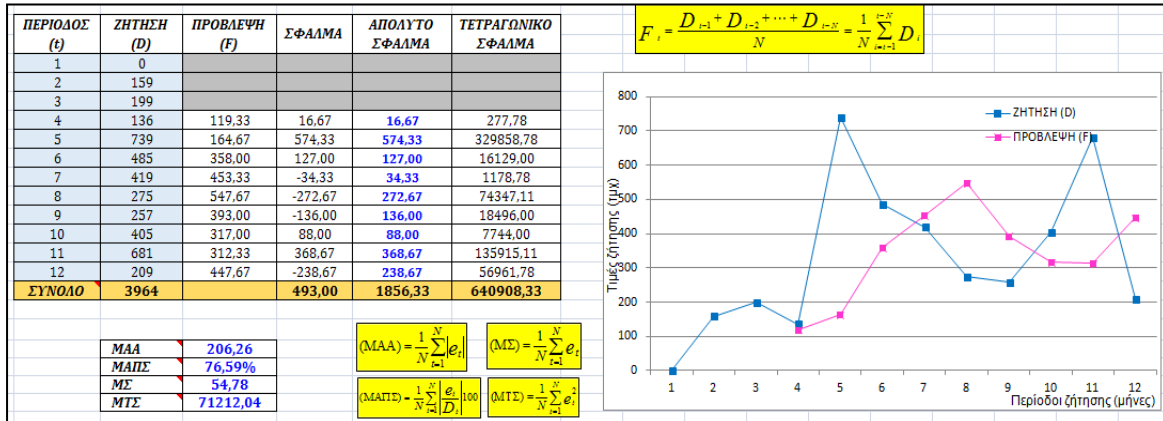
$$F_{t+1} = (S_t + T_t) I_{t-L+1}$$
  

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων παρατηρείται πως το μέσο απόλυτο σφάλμα του κινούμενου μέσου όρου ισούται με 506,46, ενώ αυτό στην εκθετική εξομάλυνση είναι 51,87. Συμπεραίνεται, λοιπόν, πως η δεύτερη μέθοδος είναι καταλληλότερη στην πρόβλεψη της ζήτησης του συγκεκριμένου προϊόντος, καθώς προσεγγίζει σε μεγαλύτερο βαθμό τις πραγματικές τιμές της ζήτησης.

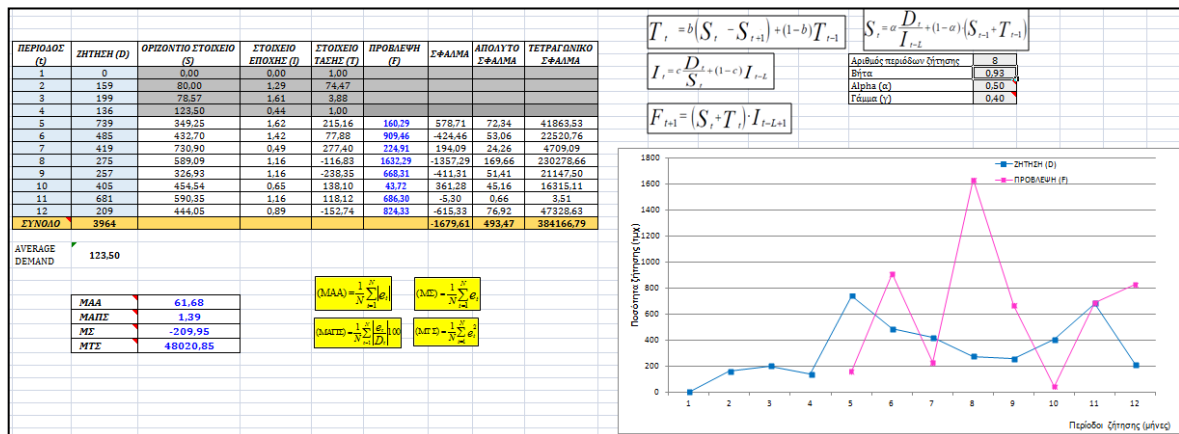
- Για το προϊόν Β η ζήτηση των τελευταίων 12 μηνών απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εφαρμόζοντας την μέθοδο του κινούμενου μέσου όρου, για t=12 περιόδους και εύρος κινούμενων περιόδων N=3, έχουμε τα εξής αποτελέσματα:



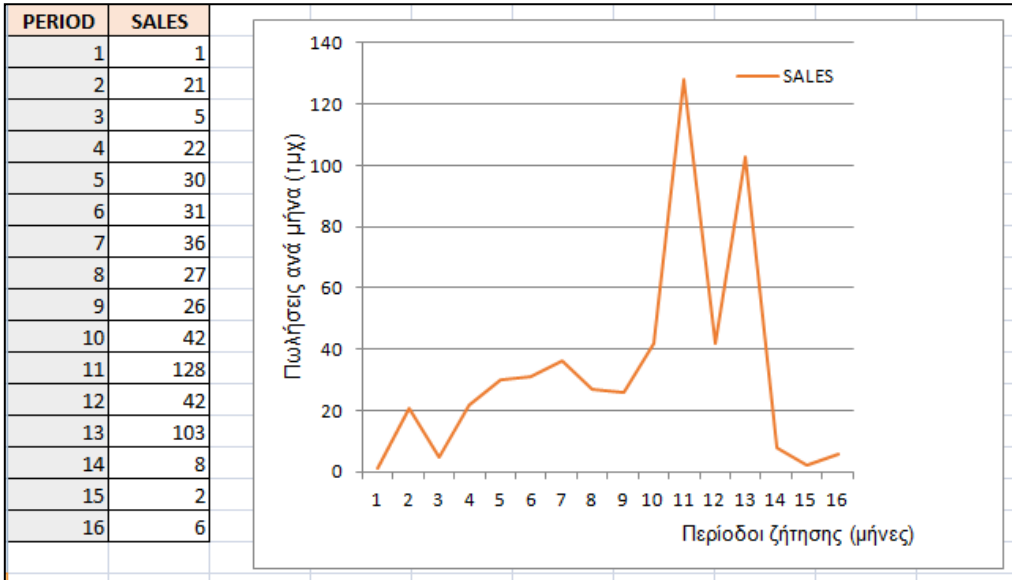
Όμοια, για τα ίδια δεδομένα, εφαρμόζοντας την μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης με τάση και εποχικότητα, προκύπτουν τα εξής:



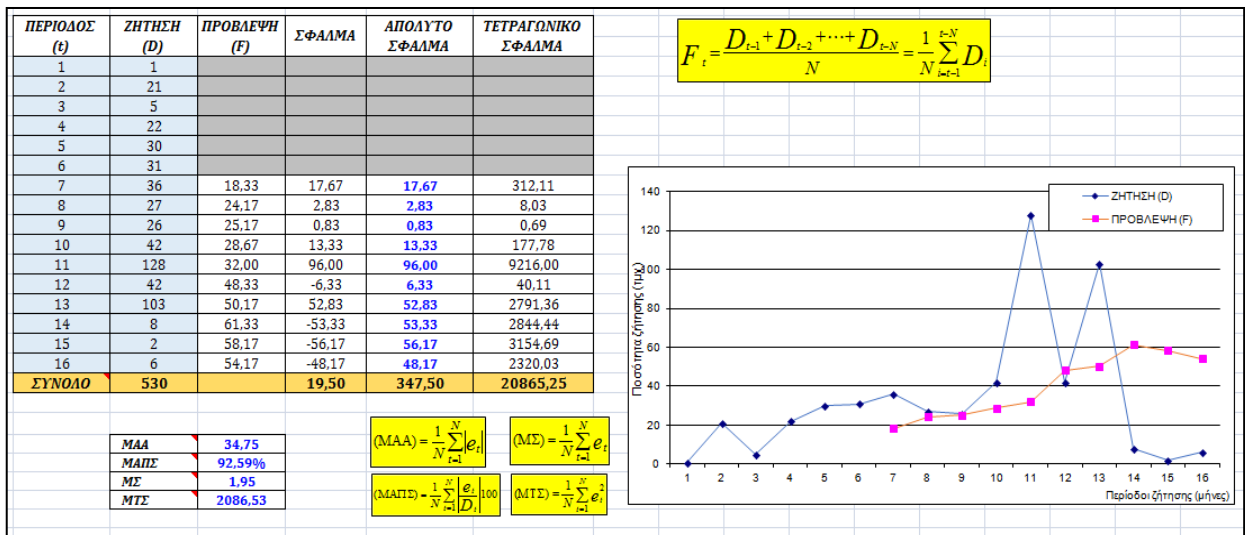
Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων παρατηρείται ότι το μέσο απόλυτο σφάλμα του κινούμενου μέσου όρου ισούται με 206,26, ενώ αυτό στην εκθετική εξομάλυνση είναι 61,68. Συμπεραίνεται, λοιπόν, πως η δεύτερη μέθοδος είναι καταλληλότερη στην πρόβλεψη της ζήτησης του συγκεκριμένου προϊόντος, καθώς προσεγγίζει σε μεγαλύτερο βαθμό τις πραγματικές τιμές της ζήτησης.



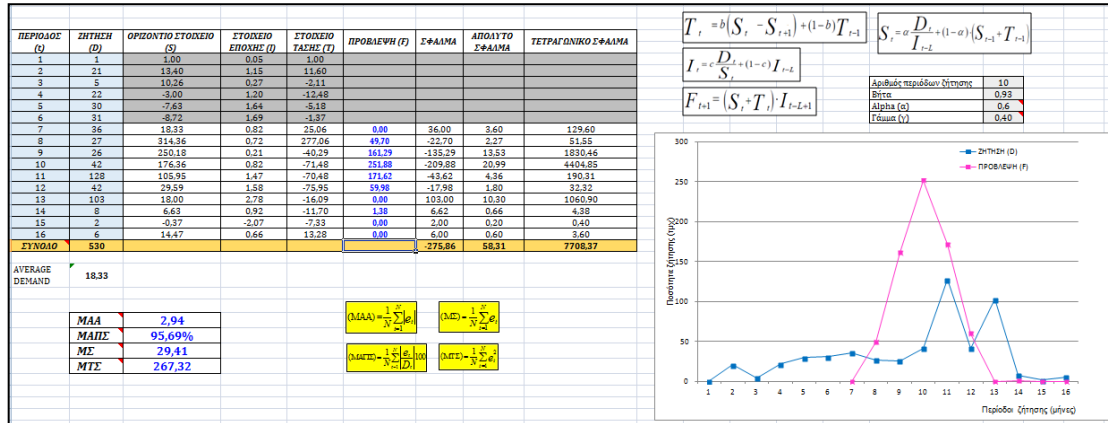
- Για το προϊόν Γ η ζήτηση των τελευταίων 16 μηνών απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εφαρμόζοντας την μέθοδο του κινούμενου μέσου όρου, για t=16 περιόδους και εύρος κινούμενων περιόδων N=6, έχουμε τα εξής αποτελέσματα:



Όμοια, για τα ίδια δεδομένα, εφαρμόζοντας την μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης με τάση και εποχικότητα, προκύπτουν τα εξής:



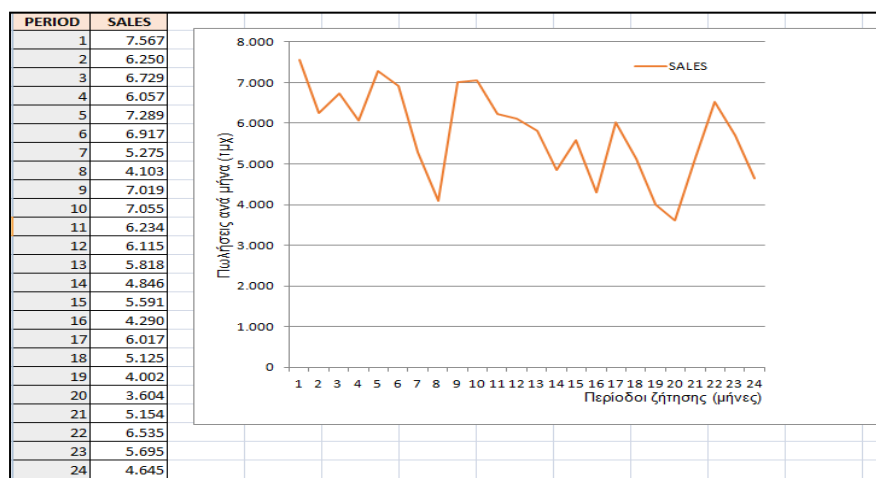
Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων ότι στην περίπτωση του κινούμενου μέσου όρου, το σφάλμα ισούται με 34,75, ενώ αυτό στην εκθετική εξομάλυνση είναι 2,94. Συμπεραίνεται, λοιπόν, πως και εδώ, η δεύτερη μέθοδος είναι καταλληλότερη στην πρόβλεψη της ζήτησης του συγκεκριμένου προϊόντος.

Επομένως, και στην κατηγορία των τηλεοράσεων, η επικρατέστερη μέθοδος είναι η εκθετική εξομάλυνση με τάση και εποχικότητα, κυρίως λόγω αύξησης της ζήτησης σε περιόδους εκπτώσεων ή ειδικών τιμών (πχ: Black Friday).

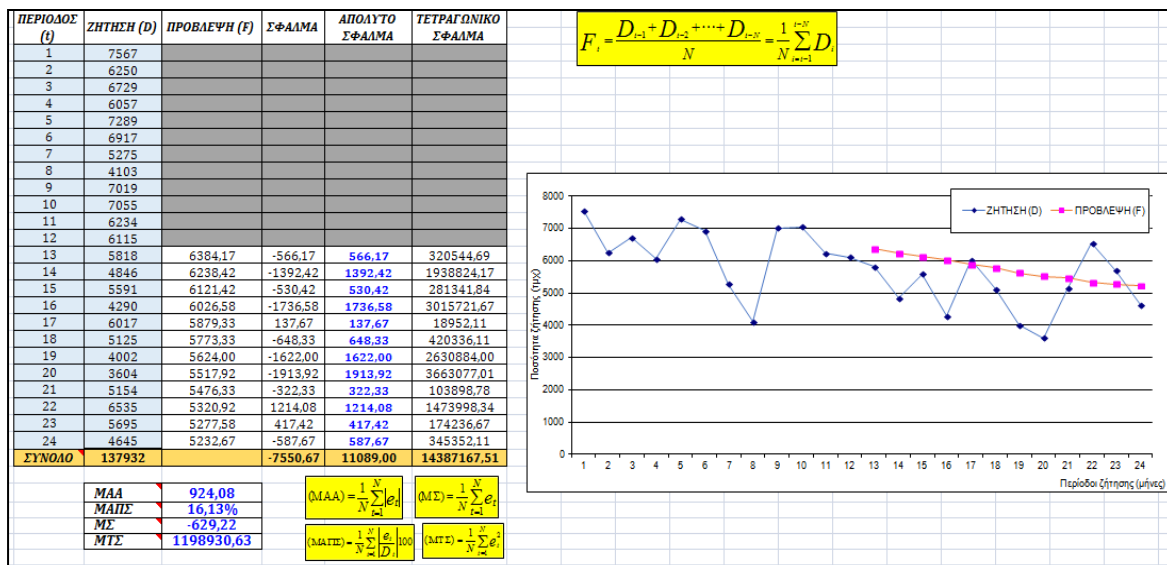
**Κατηγορία 4: Αναλώσιμα**

Τα είδη της τέταρτης κατηγορίας, χαρακτηρίζονται από χαμηλό κόστος απόκτησης (7,00 - 12,00€) και διάθεσης στην αγορά, απευθύνονται σε όλους τους καταναλωτές και έχουν συγκεκριμένο όριο ζωής καθώς πέρα από αυτό δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

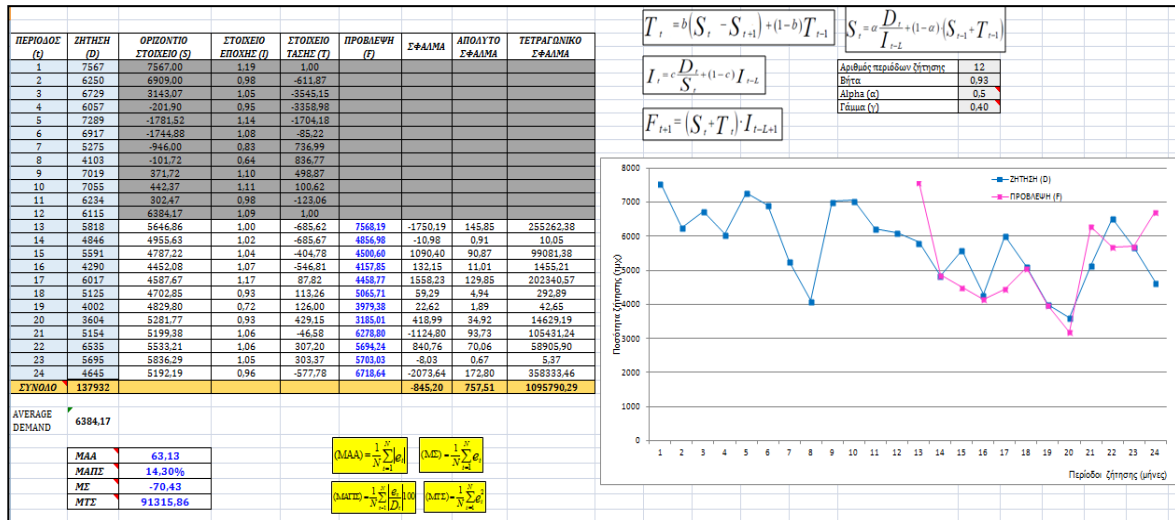
- Για το προϊόν Α η ζήτηση των τελευταίων 24 μηνών απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εφαρμόζοντας την μέθοδο του κινούμενου μέσου όρου, για t=24 περιόδους και εύρος κινούμενων περιόδων N=12, έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

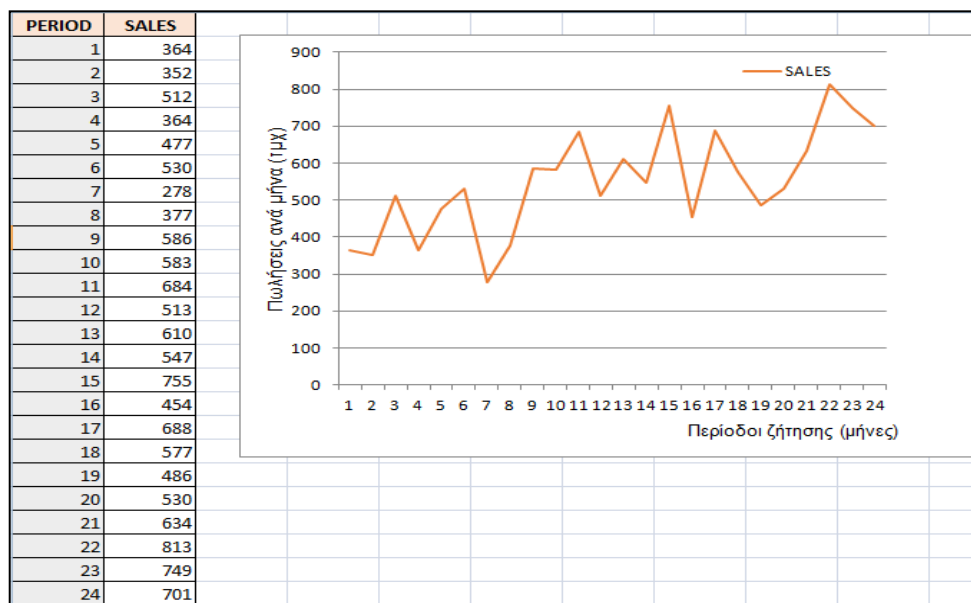


Όμοια, για τα ίδια δεδομένα, εφαρμόζοντας την μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα, προκύπτουν τα εξής:

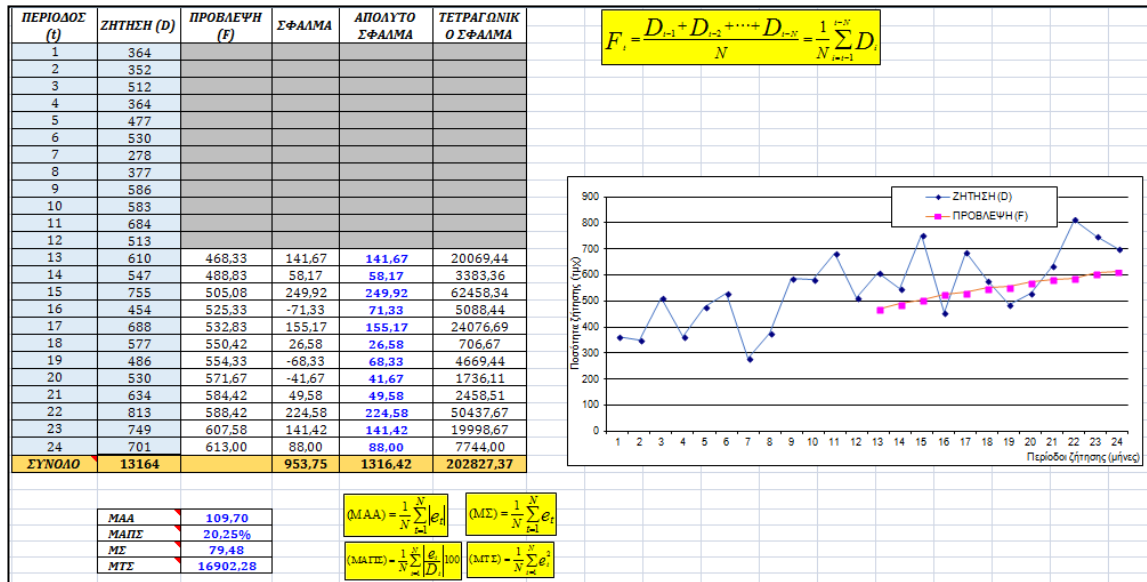


Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων παρατηρείται ότι στην περίπτωση του κινούμενου μέσου όρου, το σφάλμα ισούται με 924,08, ενώ αυτό στην εκθετική εξομάλυνση είναι 63,13. Συμπεραίνεται, λοιπόν, πως η δεύτερη μέθοδος είναι καταλληλότερη στην πρόβλεψη της ζήτησης του συγκεκριμένου προϊόντος.

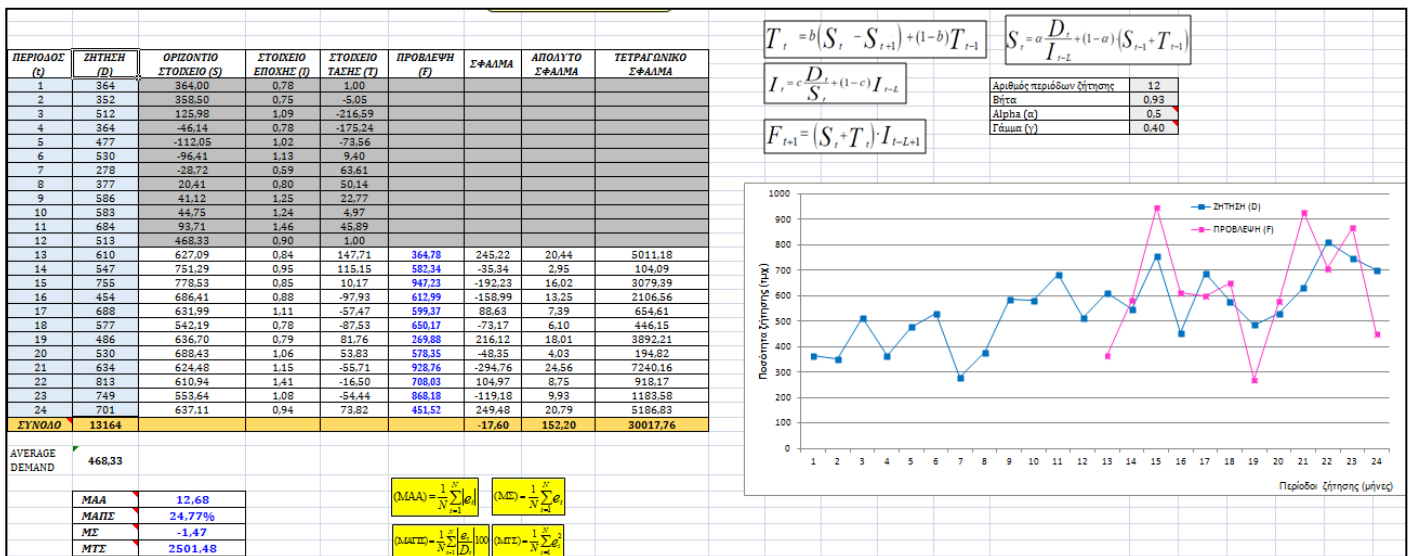
- Για το προϊόν B η ζήτηση των τελευταίων 24 μηνών απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εφαρμόζοντας την μέθοδο του κινούμενου μέσου όρου, για t=24 περιόδους και εύρος κινούμενων περιόδων N=12, έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

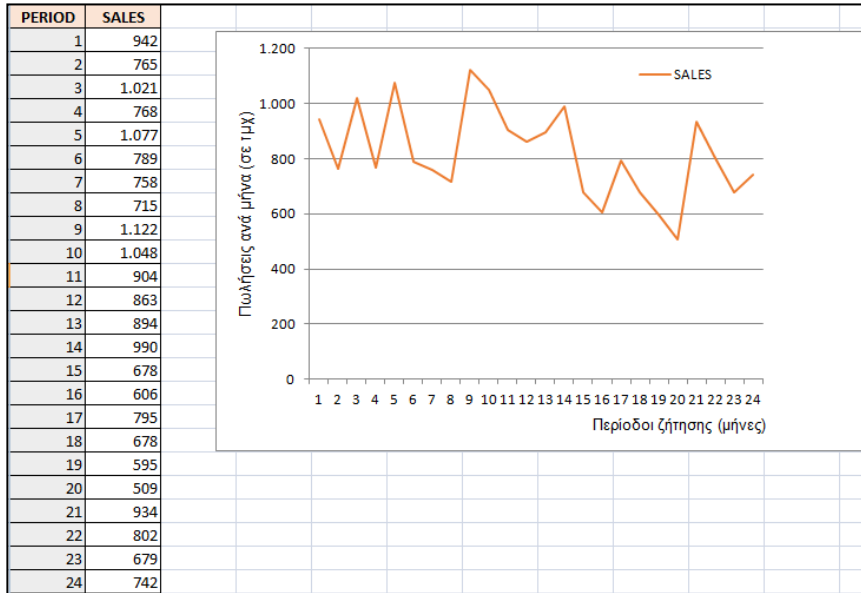


Όμοια, για τα ίδια δεδομένα, εφαρμόζοντας την μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα, προκύπτουν τα εξής:

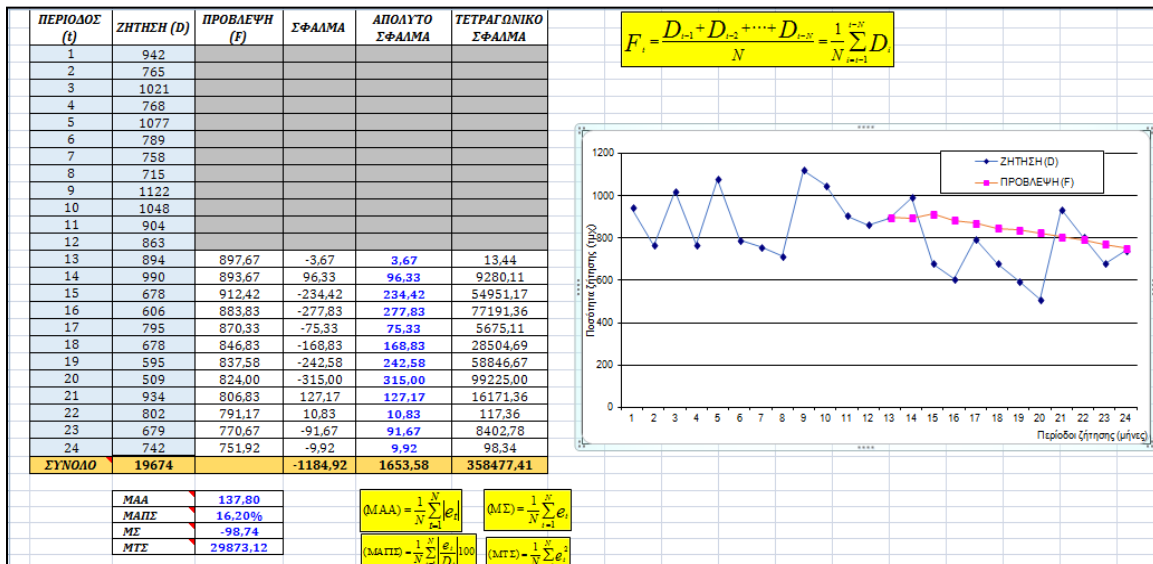


Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων παρατηρείται ότι το μέσο απόλυτο σφάλμα του κινούμενου μέσου όρου ισούται με 109,7, ενώ αυτό στην εκθετική εξομάλυνση είναι 12,68. Συμπεραίνεται, λοιπόν, πως η δεύτερη μέθοδος είναι καταλληλότερη στην πρόβλεψη της ζήτησης του συγκεκριμένου προϊόντος.

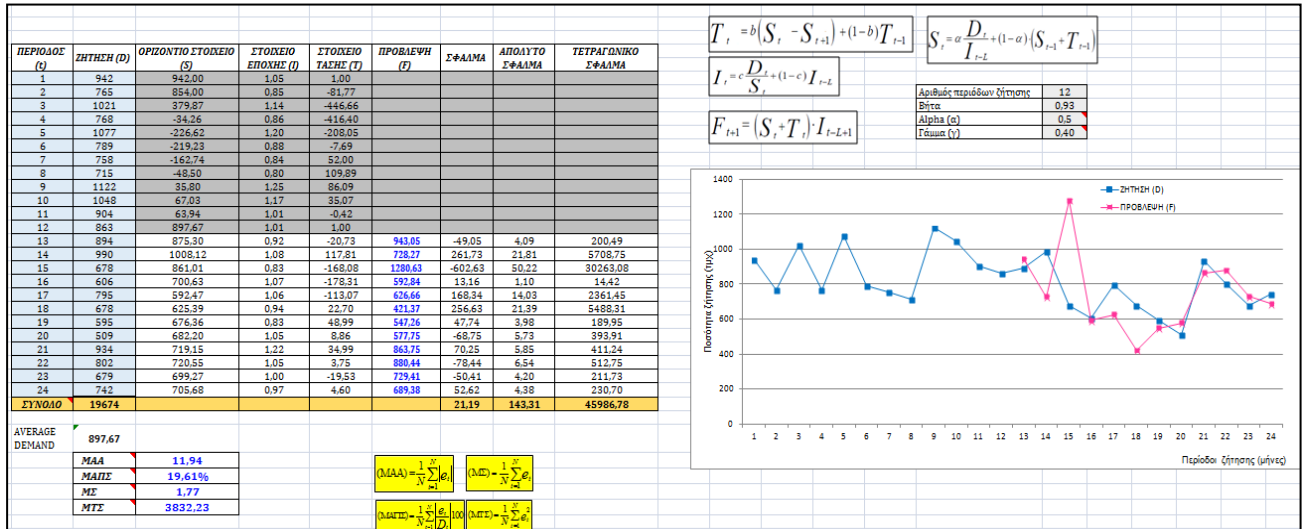
➤ Για το προϊόν Γ η ζήτηση των τελευταίων 24 μηνών απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εφαρμόζοντας την μέθοδο του κινούμενου μέσου όρου, για t=24 περιόδους και εύρος κινούμενων περιόδων N=12, έχουμε τα εξής αποτελέσματα:



Όμοια, για τα ίδια δεδομένα, εφαρμόζοντας την μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα, προκύπτουν τα εξής:



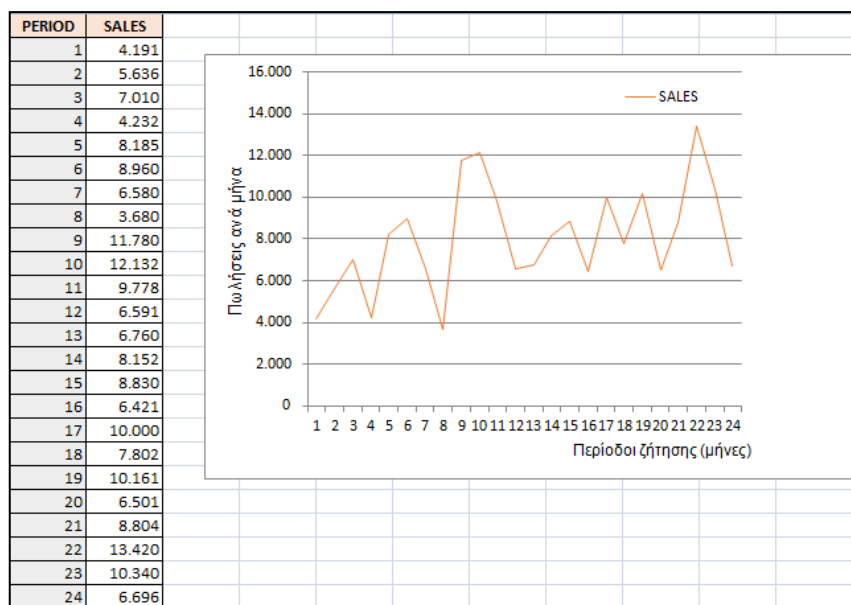
Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων παρατηρείται ότι στην περίπτωση του κινούμενου μέσου όρου, το σφάλμα ισούται με 137,8, ενώ αυτό στην εκθετική εξομάλυνση είναι 11,94. Συμπεραίνεται, λοιπόν, πως και εδώ, η δεύτερη μέθοδος είναι καταλληλότερη στην πρόβλεψη της ζήτησης του συγκεκριμένου προϊόντος.

Επομένως, και στην κατηγορία των αναλώσιμων υλικών, η επικρατέστερη μέθοδος είναι αυτή της εκθετικής εξομάλυνσης με τάση και εποχικότητα, όχι τόσο λόγω της διάθεσής τους σε χαμηλότερες τιμές (πχ: περίοδος εκπτώσεων), αλλά λόγω του περιορισμένου χρόνου ζωής τους και της άμεσης χρήσης τους στην καθημερινότητα των καταναλωτών.

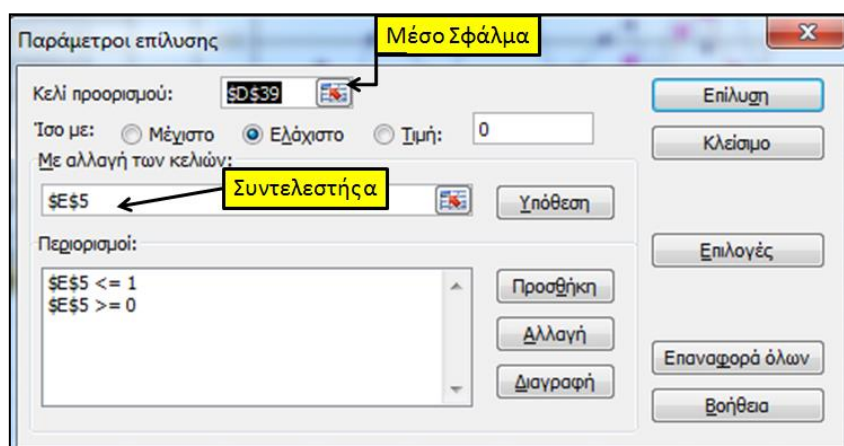
### 3.2. Περίπτωση Β

Σε αυτή την περίπτωση, θα γίνει ανάλυση της ζήτησης για δύο κατασκευαστικά υλικά, με την χρήση του εργαλείου «Solver» του Excel. Σκοπός αυτής της ανάλυσης, είναι η ελαχιστοποίηση του τετραγωνικού σφάλματος, υπολογίζοντας την κατάλληλη τιμή του συντελεστή «a».

- Το προϊόν Α η ζήτηση των τελευταίων 24 μηνών απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



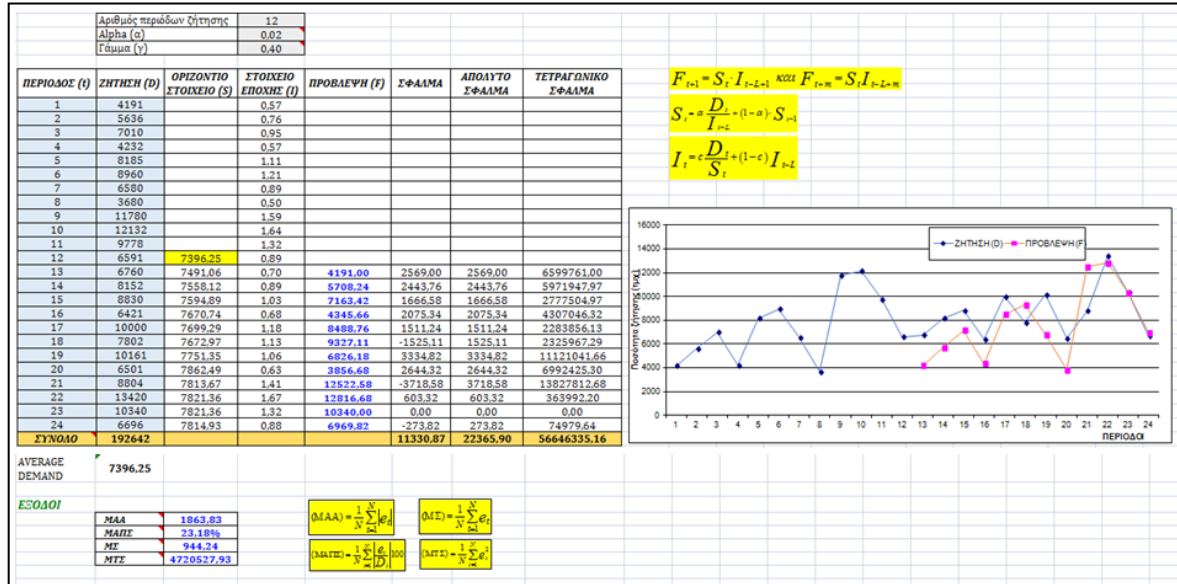
Για την εφαρμογή της μεθόδου εκθετικής εξομάλυνσης με εποχικότητα, συμπληρώνονται στο Solver, τα απαραίτητα πεδία ως εξής:



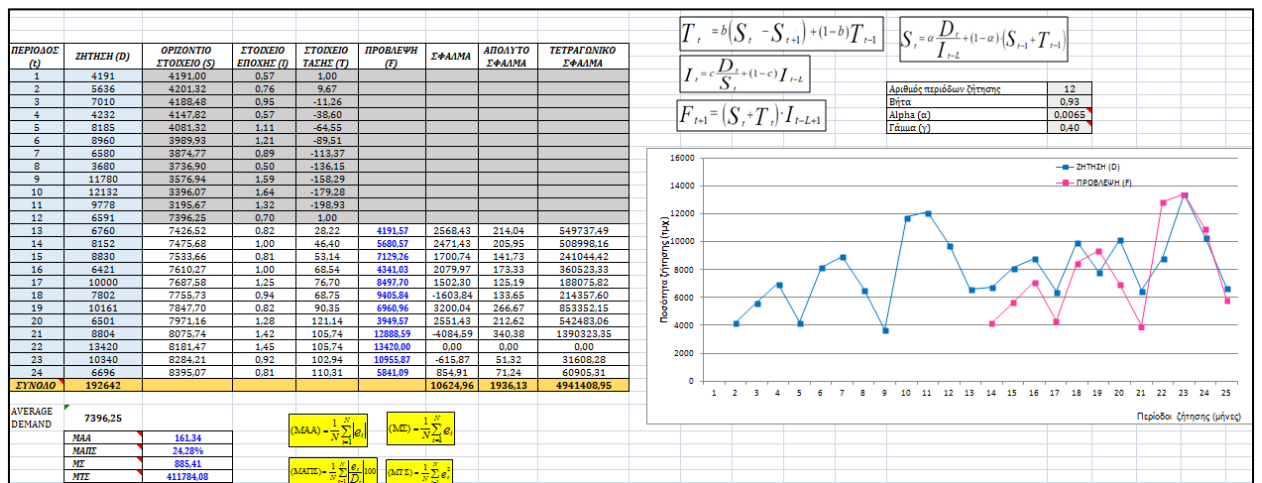


Δίνεται, δηλαδή, η εντολή στο σύστημα, να ελαχιστοποιήσει το «Μέσο Σφάλμα» (κελί D39) υπολογίζοντας την κατάλληλη τιμή του συντελεστή α (κελί E5), δεδομένων των περιορισμών ότι αυτή η τιμή πρέπει να ανήκει στο διάστημα [0,1].

Έτσι, το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι:



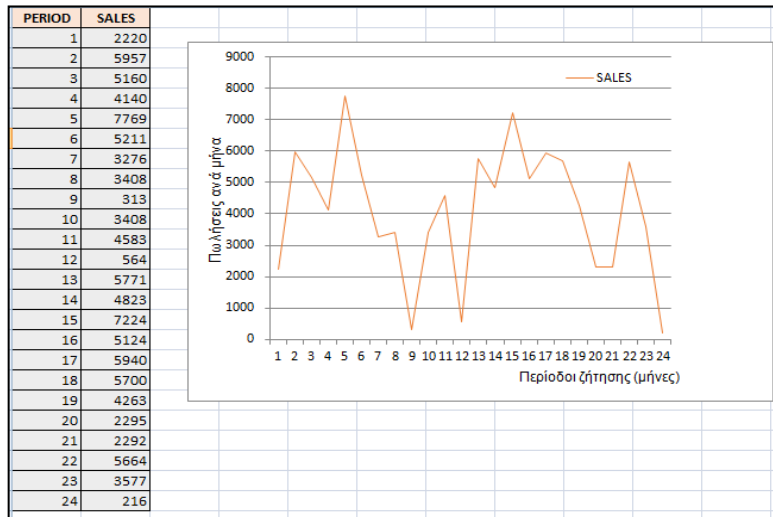
Όμοια, για τα ίδια δεδομένα, εφαρμόζοντας την μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης με τάση και εποχικότητα, προκύπτουν τα εξής:



Παρατηρούμε ότι και στις δύο περιπτώσεις η τιμή του συντελεστή εξομάλυνσης α είναι αρκετά μικρή. Όμως, στην περίπτωση της εκθετικής εξομάλυνσης με τάση και εποχικότητα το μέσο σφάλμα είναι μικρότερο, συνεπώς αυτή η μέθοδος είναι πιο

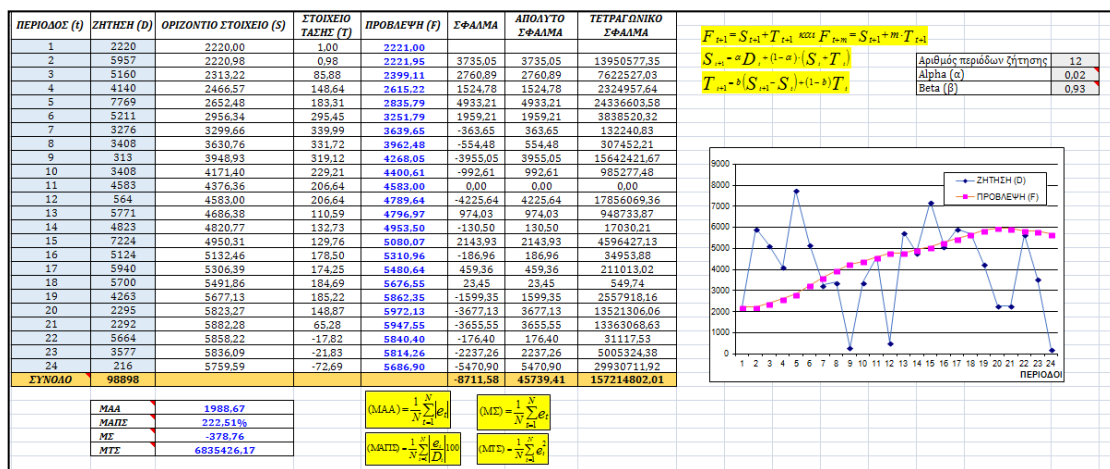
αξιόπιστη για το υλικό αυτό, γεγονός που παρατηρείται και στο διάγραμμα από τις καμπύλες της πραγματικής ζήτησης και της πρόβλεψης.

- Το προϊόν B η ζήτηση των τελευταίων 24 μηνών απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Με την ίδια ακριβώς διαδικασία που ακολουθείθηκε στο πρώτο προϊόν, για την εφαρμογή της μεθόδου εκθετικής εξομάλυνσης με τάση, συμπληρώνονται στο Solver, τα απαραίτητα πεδία και δίνεται η εντολή για ελαχιστοποίηση του «Μέσου Σφάλματος» υπολογίζοντας την κατάλληλη τιμή του συντελεστή α, δεδομένων των περιορισμών του.

Έτσι, το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι το εξής:



Για τα ίδια δεδομένα, εφαρμόζοντας την μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης με τάση και εποχικότητα, προκύπτουν τα εξής:

ΠΕΡΙΟΔΟΣ (t)	ΖΗΤΗΣΗ (D)	ΟΡΘΟΓΩΝΙΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ (S)	ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΕΠΙΘΗΣ (I)	ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΤΑΣΗΣ (T)	ΠΡΟΒΛΕΨΗ (F)	ΣΦΑΛΜΑ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΜΑ	ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ
1	2220	2220.00	0.58	1.00				
2	5957	2245.28	1.55	23.58				
3	5160	2255.54	1.35	11.19				
4	4140	2254.40	1.08	-0.27				
5	7769	2055.71	2.03	-184.81				
6	5211	1858.56	1.36	-196.29				
7	3276	1651.36	0.85	-206.43				
8	3408	1435.43	0.89	-215.27				
9	313	1212.22	0.08	-222.65				
10	3408	983.03	0.89	-228.73				
11	4583	749.27	1.20	-233.41				
12	564	3834.08	0.41	1.00				
13	5771	3874.94	1.53	38.07	2220.58	3550.42	295.87	1050457.43
14	4823	3907.75	1.30	32.16	6079.62	-1256.62	104.72	131591.81
15	7224	3949.19	1.38	39.33	5302.43	1921.57	160.13	307703.02
16	5124	3993.44	1.73	41.13	4006.76	817.24	68.10	35656.76
17	5940	4027.40	1.41	34.46	8175.25	-2235.25	186.27	416360.70
18	5700	4062.72	1.07	35.26	5520.58	179.42	14.95	2682.65
19	4263	4103.77	0.95	40.65	3501.48	761.52	63.46	48325.59
20	2295	4134.26	0.27	31.20	3683.85	-1388.85	115.74	160741.65
21	2292	4320.88	0.75	175.74	340.05	1951.95	162.66	317508.17
22	5664	4508.81	1.22	187.08	3996.91	1667.09	138.92	231598.98
23	3577	4684.82	0.55	176.78	5613.14	-2036.14	169.68	345490.38
24	216	4833.45	0.93	150.61	1975.03	-1759.03	146.59	257848.52
ΣΥΝΟΛΟ	98898					2173.31	1627.09	3325965.65

$T_t = b(S_t - S_{t-1}) + (1-b)T_{t-1}$	$S_t = \alpha \frac{D_t + (1-\alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})}{I_{t-L}}$
$I_t = c \frac{D_t + (1-c)I_{t-L}}{S_t}$	Αριθμός περιόδων ζήτησης: 12
$F_{t+1} = (S_t + T_t) \cdot I_{t-L+1}$	Βήτα: 0.93
	Alpha (α): 0.0065
	Gamma (γ): 0.40

AVERAGE DEMAND	3834.08	$(\lambda MA) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N D_t$	$(\lambda S) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N S_t$
MAE	135.59	$(\lambda MPE) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \frac{ e_t }{D_t} \cdot 100$	$(\lambda TS) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \frac{e_t^2}{D_t^2}$
MAPE	102.93%		
ME	181.11		
MTE	277163.80		

Παρατηρούμε ότι και στις δύο περιπτώσεις η τιμή του συντελεστή εξομάλυνσης α είναι αρκετά μικρή. Όμως, στην περίπτωση της εκθετικής εξομάλυνσης με τάση και εποχικότητα το μέσο σφάλμα είναι μικρότερο, συνεπώς αυτή η μέθοδος είναι πιο αξιόπιστη για το υλικό αυτό.

## Κεφάλαιο 4

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, γίνεται μια συνοπτική ανάλυση σε θεωρητικό επίπεδο των κυριότερων κατηγοριών των μοντέλων πρόβλεψης ζήτησης. Η μελέτη αυτή, πραγματοποιήθηκε με απώτερο σκοπό να γίνει αντιληπτή από τον αναγνώστη η χρησιμότητα των μοντέλων αυτών στη λήψη αποφάσεων για τη βέλτιστη πολιτική αποθεματοποίησης, αλλά και η σπουδαιότητα της ικανότητας να μπορεί να διακριθεί κανείς σε ποιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται το κάθε μοντέλο.

Για να πραγματοποιηθεί αυτό, ήταν απαραίτητο η χρήση πραγματικών δεδομένων, τα οποία αντλήθηκαν από τις δύο αναφερόμενες εταιρείες. Έτσι, έγινε πρακτική εφαρμογή κάποιων μοντέλων πρόβλεψης, με τη χρήση του λογισμικού Excel. Στόχος ήταν να εφαρμοστούν τα μοντέλα και στη συνέχεια αυτά να συγκριθούν με τις πραγματικές πωλήσεις των αντίστοιχων χρονικών περιόδων.

Ολοκληρώνοντας την πρακτική εφαρμογή των δεδομένων και αξιολογώντας τα επιμέρους αποτελέσματα, προκύπτουν κάποια εύλογα συμπεράσματα. Αρχικά, οι τιμές των συντελεστών βαρύτητας ( $\alpha$ ) καθορίζονται από τον χρήστη που διενεργεί τη πρόβλεψη, χωρίς να υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος περιορισμός ως προς το ύψος τους, με σκοπό την ελαχιστοποίηση του σφάλματος με βάση την πραγματική ζήτηση.

Επιδιώκοντας την, όσο το δυνατόν, εκτενέστερη μελέτη των μοντέλων πρόβλεψης, στο πρώτο σύνολο δεδομένων που αφορούσαν την εταιρία με τα τεχνολογικά προϊόντα, επιλέχθηκε η ανάλυσή τους μέσω συναρτήσεων του Excel, ορίζοντας διαισθητικά τις τιμές των συντελεστών βαρύτητας. Αντίθετα, στα δεδομένα των κατασκευαστικών υλικών, χρησιμοποιήθηκε το Solver, με σκοπό την εύρεση των συντελεστών βαρύτητας που ελαχιστοποιούν το σφάλμα της πρόβλεψης, μέσω του εργαλείου αυτού.

Η συμβολή της εργασίας αυτής, έγκειται στην πρακτική απόδειξη της σπουδαιότητας των ιστορικών δεδομένων, ως βάση για την εφαρμογή οποιουδήποτε μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης. Εάν τα ιστορικά στοιχεία δεν αντικατοπτρίζουν την πραγματική κατάσταση της αγοράς, δεν είναι ανανεωμένα, εμπεριέχουν ακραίες τιμές που προκύπτουν από ειδικές περιστάσεις και δεν εξομαλύνονται, θα οδηγήσουν σε βέβαιη διαστρέβλωση του τελικού αποτελέσματος της πρόβλεψης. Παρόλο, λοιπόν, που ο κύριος παράγοντας επιλογής του ιδανικού μοντέλου πρόβλεψης είναι το ύψος του σφάλματος, ο χρήστης που προσπαθεί να προβλέψει, θα πρέπει, πέρα από το μετρήσιμο σφάλμα, να λάβει υπόψη του και τα χαρακτηριστικά της αγοράς και του υλικού που εξετάζει, να ερμηνεύσει τα ιστορικά στοιχεία που έχει στη διάθεσή του, και στη συνέχεια να καταλήξει στο καταλληλότερο μοντέλο πρόβλεψης.

Οι βασικοί δείκτες μιας επιχείρησης, όπως είναι η ικανοποίηση των πελατών, το κόστος αποθεμάτων, το κόστος διανομής, αγοράς εμπορευμάτων, ακόμη και η τιμή πώλησης, θα επηρεαστούν θετικά ή αρνητικά από την πρόβλεψη ανάλογα με την εγκυρότητα της. Συνεπώς, η εφοδιαστική αλυσίδα, έχει να διαχειριστεί ακόμα ένα «κρίκο», την πρόβλεψη.

## Κεφάλαιο 5

### ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ - ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ

Είναι γεγονός, πως τις τελευταίες δεκαετίες το επιχειρησιακό περιβάλλον σε παγκόσμιο επίπεδο έχει αλλάξει δραματικά, λόγω της συνεχούς τεχνολογικής ανάπτυξης.

Ένα απλό παράδειγμα της τεχνολογικής ανάπτυξης στο λιανικό εμπόριο είναι, ότι πλέον οι εταιρείες προσφέρουν στους καταναλωτές εμπειρίες αγορών, μέσω πολλαπλών καναλιών, όπως φυσικών καταστημάτων, e-shops, υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας, τηλεφωνικών κέντρων κ.ά. Έτσι ο καταναλωτής μπορεί να αποκτήσει το προϊόν που επιθυμεί, χωρίς καν να το δει από κοντά. Προκύπτει, λοιπόν το συμπέρασμα, ότι οι ανάγκες των επιχειρήσεων για αποτελεσματικό έλεγχο των αποθεμάτων, γίνεται ολοένα και πιο σημαντικός. Ένα πιθανό stock out θα οδηγήσει σε άμεση απογοήτευση του καταναλωτή και πολύ πιθανόν σε χαμένες πωλήσεις, καθώς πλέον μπορεί να αναζητήσει και να αποκτήσει το ίδιο προϊόν από κάποιον ανταγωνιστή, κάνοντας απλώς χρήση του διαδικτύου.

Συνεπώς, οι επιχειρήσεις πρέπει να δίνουν πολύ μεγάλη έμφαση και προσοχή στις προβλέψεις της μελλοντικής ζήτησης των υλικών που προσφέρουν. Έτσι, προκύπτει εύλογα το ερώτημα: *«Πόσο αποτελεσματικές και ακριβείς είναι οι προβλέψεις που γίνονται;»*

Οι νέες τεχνολογίες, έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη σύγχρονων συστημάτων διαχείρισης επιχειρησιακών πόρων (Enterprise Resource Planning-ERP). Πρόκειται για ολοκληρωμένα πακέτα λογισμικού που ενσωματώνουν τις εσωτερικές επιχειρησιακές διαδικασίες μιας εταιρείας σε μία ενιαία διαχειριστική πλατφόρμα. Έτσι, επιτυγχάνεται μια αποτελεσματική ενδο-επιχειρησιακή ροή πληροφοριών, μεταξύ όλων των τμημάτων, καθώς κάθε πληροφορία που εισάγεται στο σύστημα ERP ενημερώνει μια κοινή βάση δεδομένων για το σύνολο των επιχειρησιακών

λειτουργιών που εξαρτώνται άμεσα ή έμμεσα από την πληροφορία αυτή, συμβάλλοντας στην βέλτιστη λήψη αποφάσεων.

Ένα σύγχρονο παράδειγμα, εξέλιξης των συστημάτων ERP, είναι αυτό της τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence-AI), το οποίο μέσα από την ανάλυση δεδομένων (μετρήσιμων και μη) έχει τη δυνατότητα να ελαχιστοποιεί τα σφάλματα της πρόβλεψης, προσφέροντας αξιόπιστα αποτελέσματα και συμβάλλοντας στην άμεση ικανοποίηση των καταναλωτών. Αξιοποιώντας τα δεδομένα που έχουν εισαχθεί στο σύστημα, η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης, εξάγει προβλέψεις που προκύπτουν τόσο από τα χαρακτηριστικά των προϊόντων (πχ: εποχικότητα), όσο και από την συμπεριφορά των καταναλωτών (πχ: κάθε πότε αγοράζουν και σε τι ποσότητες). Έτσι, εξάγουν αποτελέσματα τα οποία επιτρέπουν στην επιχείρηση να προβλέψει ακόμη και την μελλοντική ποσότητα παραγγελίας κάθε πελάτη.

Κλείνοντας την εργασία αυτή, γίνεται κατανοητή η τεράστια σημασία που έχουν οι προβλέψεις της ζήτησης για κάθε επιχείρηση. Οι τεχνολογικές εξελίξεις δίνουν πια την δυνατότητα για πιο αξιόπιστες προβλέψεις και αυτοματοποίηση πολλών χρονοβόρων εργασιών, που μέχρι σήμερα γίνονταν από τον απλό χρήστη μέσω ξεπερασμένων, πλέον, συστημάτων. Όμως, ακόμη και το πιο εξελιγμένο σύστημα, για να λειτουργήσει αποτελεσματικά, χρειάζεται την ανθρώπινη βοήθεια. Συνεπώς, η εκπαίδευση είναι κύριο συστατικό του ψηφιακού μετασχηματισμού.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ****Ελληνική**

- Γιαννάκαινας Β. (2004), *Ανατομία των Business Logistics*, Αθήνα: WoW Creations
- Αγιακλόγλου Χ. Ν. & Οικονόμου Γ. Σ. (2004), *Μέθοδοι προβλέψεων και ανάλυσης αποφάσεων*, Αθήνα: Εκδόσεις Γ. Μπένου
- Παππή Κ. (2006), *Προγραμματισμός Παραγωγής*, 2<sup>η</sup> Έκδοση, Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη ΑΕ

**Ξενόγλωσση**

- Frederick S. Hillier, Gerald J. Lieberman (2005), *Introduction to Operations Research*, 8<sup>th</sup> Edition, N.Y: McGraw Hill Higher Education
- R. Dan Reid, Nada R. Sanders (2002), *Operations Management-An integrated Approach*, 7<sup>th</sup> Edition, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons
- Ronald H. Ballou (1992), *Business Logistics/Supply Chain Management*, 5<sup>th</sup> Edition, Prentice Hall
- Lee J. Krajewski, Larry P. Ritzman, Manoj K. Malhotra (2009), *Operations Management Processes and Supply Chains*, 9<sup>th</sup> Edition, Pearson
- Sunil Chopra, Peter Meindl (2001), *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation*, 5<sup>th</sup> Edition, Pearson
- Van Donselaar K., V. Gaur, T. Van Woensel, R.A.C.M. Broekmeulen, J.C. Fransoo,(2007), *Ordering Behavior in Retail Stores and Implications for Automated Ordering*, Management Science

**Διαδικτυακές Πηγές**

- <http://humantec.gr/el/how-to/scm/inventory-management-systima-statheris-posotitas-xronou-paraggelias>
- <https://synergic.gr/el/omni-channel-e-nea-tase-e-commerce>
- [https://www.entersoft.gr/wp-content/uploads/2017/07/Entersoft\\_Supply\\_Chain\\_and\\_Logistics\\_Magazine.pdf](https://www.entersoft.gr/wp-content/uploads/2017/07/Entersoft_Supply_Chain_and_Logistics_Magazine.pdf)