



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Πρόβλεψη ζήτησης και  
προγραμματισμός παραγωγής

---

Μηχανική της Διοίκησης (Management  
Engineering)

**Καβαδίας Κωνσταντίνος fmem15016**

**Επιβλέπων καθηγητής: κ. Βιδάλης Μιχαήλ**

**11/3/2019**

Τμήμα Μηχανικών Οικονομίας και Διοίκησης

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ  
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Demand forecasting and production planning

«Είμαι συγγραφέας αυτής της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων ή ιδεών, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά για τη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία».

## Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> : Εισαγωγή .....	5
1.1 Τι είναι εφοδιαστική αλυσίδα.....	5
1.2 Από τι αποτελείται η εφοδιαστική αλυσίδα .....	9
1.3 Τι είναι διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας .....	12
1.4 Σύνοψη 1 <sup>ου</sup> κεφαλαίου.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> : Πρόβλεψη της ζήτησης .....	18
2.1 Τι είναι η πρόβλεψη ζήτησης .....	18
2.2 Σημασία και χρήση των προβλέψεων.....	21
2.3 Μέθοδοι πρόβλεψης της ζήτησης .....	22
2.4 Η μέθοδος της χρονολογικής σειράς .....	26
2.4.1 Χρήση των μεθόδων εξομάλυνσης για την πρόβλεψη .....	27
2.4.2 Χρήση της μεθόδου της προβολής της τάσης (Trend Projection) για προβλέψεις.....	29
2.4.3 Χρήση των στοιχείων της τάσης και της εποχικότητας στην πρόβλεψη .....	30
2.5 Αιτιώδεις μέθοδοι πρόβλεψης .....	31
2.6 Ποιοτικές μέθοδοι πρόβλεψης της ζήτησης .....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> : Συγκεντρωτικός Προγραμματισμός (Aggregate Planning) .....	34
3.1 Ο ρόλος του συνολικού σχεδιασμού στην εφοδιαστική αλυσίδα.....	34
3.2 Το πρόβλημα του συνολικού προγραμματισμού .....	35
3.3 Η φύση του συνολικού προγραμματισμού.....	37
3.4 Οι στρατηγικές του συνολικού προγραμματισμού.....	38
3.5 Μέθοδοι συνολικού προγραμματισμού .....	41
3.5.1 Γραφικές μέθοδοι μια μέθοδοι ανάλυσης με ιστορικά στοιχεία (Graphical and Charting Methods).....	41
3.5.2 Συνολικός προγραμματισμός με την χρήση του γραμμικού προγραμματισμού ..	50
3.6 Διαχωρισμός (Disaggregation) .....	59
3.7 Εφαρμογή του συνολικού προγραμματισμού στην πράξη .....	59
Βιβλιογραφία .....	64

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> : Εισαγωγή

### 1.1 Τι είναι εφοδιαστική αλυσίδα

Από την μελέτη της βιβλιογραφίας αντιλαμβάνεται κανείς ότι για την εφοδιαστική αλυσίδα δεν υπάρχει ένας συγκεκριμένος ορισμός. Ως *εφοδιαστική αλυσίδα* μπορεί να οριστεί ένα σύνολο από στάδια, τα οποία με έμμεσο ή άμεσο τρόπο συμβάλουν στην κάλυψη της ζήτησης των πελατών. Τα στάδια αυτά περιλαμβάνουν όλους όσους εμπλέκονται τόσο στην παραγωγή όσο και στη διάθεση ενός προϊόντος στον τελικό καταναλωτή.



Εικ. 1 : Απλοποιημένη απεικόνιση της εφοδιαστικής αλυσίδας

*«Σκοπός της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η μείωση του λειτουργικού κόστους της μεταφοράς των προϊόντων και η αύξηση της ικανοποίησης του πελάτη.»*

Συνεπώς, η εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να θεωρηθεί ως μία λύση στο πρόβλημα της αποτελεσματικής κάλυψης των απαιτήσεων των πελατών όπως χαμηλό κόστος, μικροί χρόνοι παράδοσης, μεγάλη ποικιλία και υψηλή ποιότητα προϊόντων. Επομένως, σε μία εφοδιαστική αλυσίδα σημαντικό ρόλο παίζουν:

- Ο συντονισμός των επιμέρους σταδίων σύμφωνα με τις ανάγκες των πελατών, μέσω της βελτιστοποίησης της παραγωγής, των αποθεμάτων και των μεταφορών.
- Η διατήρηση της ανταγωνιστικότητας της έναντι των άλλων εφοδιαστικών αλυσίδων.

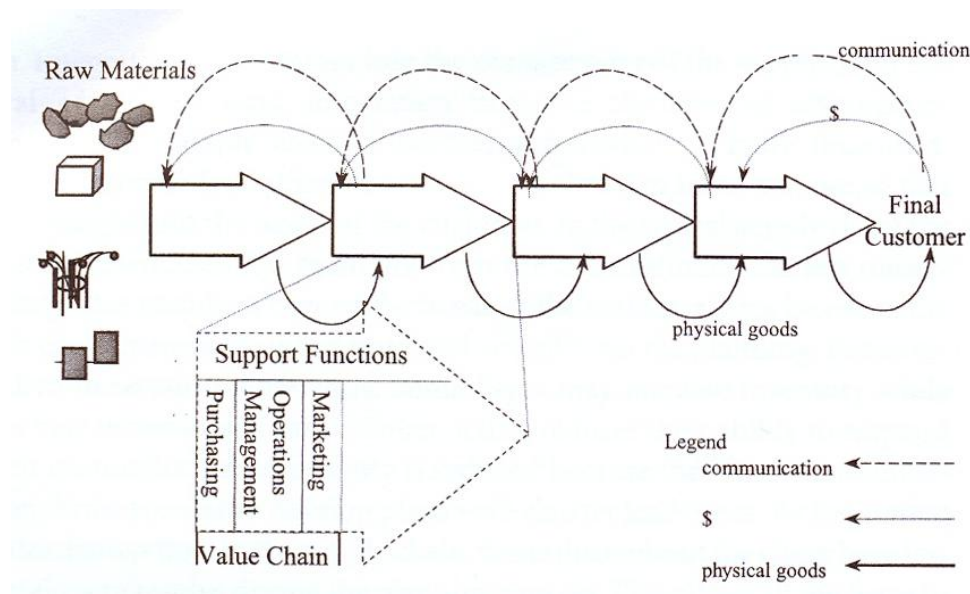
Υπάρχουν διάφορες ονομασίες - ανάλογα με το που δίνεται έμφαση κάθε φορά - οι οποίες προσπαθούν να περιγράψουν την αλυσίδα που συνδέει τα στάδια που ακολουθεί ένα προϊόν μέχρι τον τελικό καταναλωτή. Έτσι, αν δίνεται έμφαση στο μάρκετινγκ, ονομάζεται *κανάλι διανομής* (logistics channel), αν επικεντρώνεται στις

λειτουργίες ονομάζεται *διαδικασία*, στην περίπτωση που έχει σημασία η προστιθέμενη αξία (value added) ονομάζεται *αλυσίδα αξίας* και τέλος όταν σημαντικό ρόλο παίζει η ικανοποίηση της ζήτησης των πελατών ονομάζεται *εφοδιαστική αλυσίδα*.

Σύμφωνα με το APICS (American Production and Inventory Control Society), ορίζει την εφοδιαστική αλυσίδα με δύο τρόπους (Σχήμα 1.1):

- Οι διαδικασίες που συνδέουν τις επιχειρήσεις μεταξύ τους με σχέση προμηθευτή- χρήστη, από τα αρχικά ακατέργαστα υλικά μέχρι τα τελικά προϊόντα.
- Οι λειτουργίες εντός και εκτός της επιχείρησης που επιτρέπουν στην αλυσίδα αξίας να παράγει προϊόντα και να παρέχει υπηρεσίες στους πελάτες. Σύμφωνα με ένα άλλο ορισμό η αλυσίδα αξίας αναφέρεται στις λειτουργίες εντός μιας επιχείρησης που προσθέτουν αξία στα προϊόντα και τις υπηρεσίες που πουλά στους πελάτες της και για τα οποία πληρώνεται.

Σχήμα 1.1: Εφοδιαστική αλυσίδα

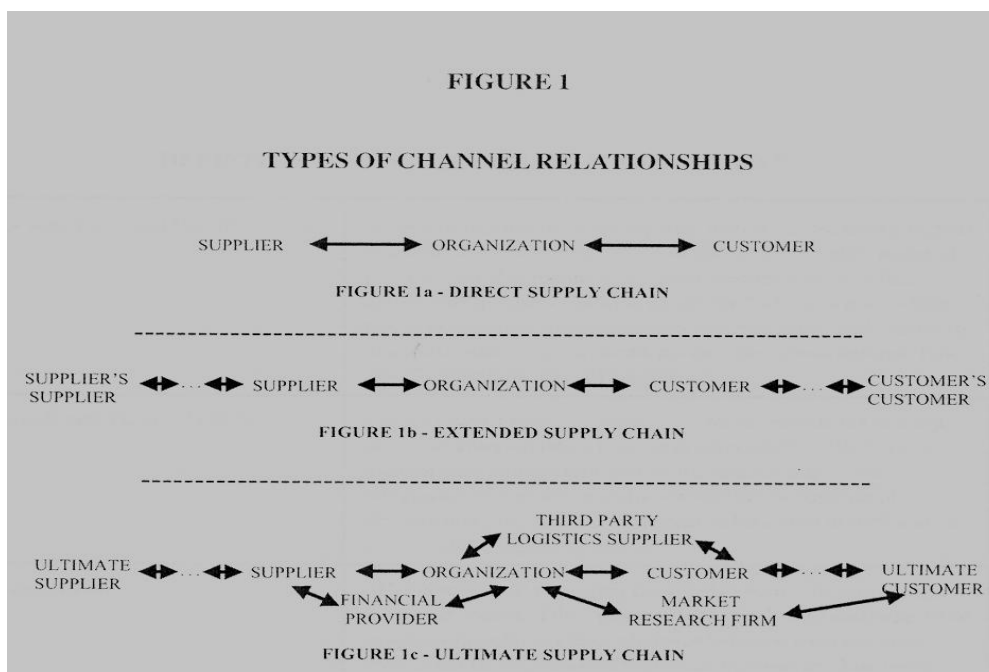


(πηγή: Fredendall 2001, σελ. 4)

Άλλοι ορισμοί αναφέρουν την εφοδιαστική αλυσίδα ως δίκτυο επιχειρήσεων με διαφορετικές διαδικασίες και δραστηριότητες που παράγουν αξία με τη μορφή προϊόντων και υπηρεσιών για τον τελικό καταναλωτή. Άλλοι πάλι ως σύνολο οντοτήτων (επιχειρήσεις ή ιδιώτες) που εμπλέκονται άμεσα στην ροή προϊόντων, υπηρεσιών ή/και πληροφοριών από τις πηγές προς τους καταναλωτές, (Lummus & Alber

1997, cited in Lummus, & Vokurka). Βάσει του ορισμού αυτού μία εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να έχει τρεις μορφές (Σχήμα 1.2): i) άμεση (direct), ii) εκτεταμένη (extended), iii) πλήρης (ultimate).

Σχήμα 1.2: Τύποι εφοδιαστικών αλυσίδων



(πηγή: Mentzer et al 2001, σελ. 5)

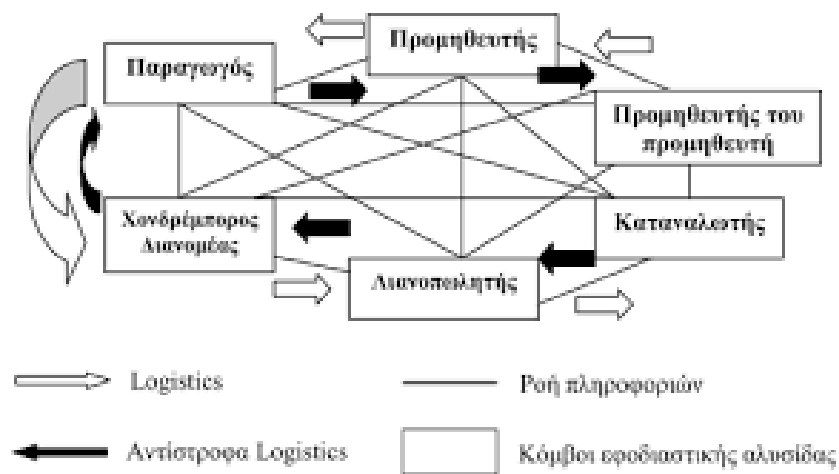
Τα τελευταία χρόνια δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο σχεδιασμό, την ανάλυση και την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας ως συνόλου και όχι ως μεμονωμένων σταδίων. Σ' αυτή την κατεύθυνση οδήγησαν μεταβολές που αφορούσαν στο υψηλό βιομηχανικό κόστος και την μείωση των διαθέσιμων πόρων παραγωγής, στη σμίκρυνση του κύκλου ζωής των προϊόντων και στην παγκοσμιοποίηση της αγοράς. Επιπρόσθετα, οι σύγχρονες εφοδιαστικές αλυσίδες πρέπει να διεκπεραιώνουν διαδικασίες επιστροφής προϊόντων (reverse logistics) και συλλογής προϊόντων με σκοπό την ανακύκλωση και την επαναχρησιμοποίησή τους στην παραγωγή. Κατά συνέπεια, η εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να οριστεί ως μία ενιαία διαδικασία, κατά την οποία ακατέργαστα υλικά μετατρέπονται σε τελικά προϊόντα και στη συνέχεια παραδίδονται στην κατανάλωση. Μία ολοκληρωμένη εφοδιαστική αλυσίδα αποτελείται από δύο βασικές διαδικασίες:

- Το σχεδιασμό της παραγωγής και τον έλεγχο των αποθεμάτων.
- Τη διανομή, την οργάνωση και διαχείριση των αποθεμάτων.

Ως *αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα* (reserve logistics), ορίζεται η αλυσίδα διαδικασιών και λειτουργιών που δημιουργείται με σκοπό την επιστροφή και αξιοποίηση υλικών και συσκευασιών μετά από τη χρήση τους στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Αποτελείται από τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα όταν το προϊόν ακολουθεί πορεία από τον καταναλωτή προς τον κατασκευαστή ή, γενικότερα, προς κάποια μονάδα ανάκτησης χρησιμοποιούμενων προϊόντων, συσκευασιών, υλικών και εξαρτημάτων, τα οποία διαθέτουν κάποια αξία για επαναχρησιμοποίηση (Παπής 2006).

Στην εικόνα 2 παρουσιάζεται η πολυπλοκότητα και οι αλληλεξαρτήσεις στο δίκτυο εφοδιαστικής αλυσίδας, ενώ απεικονίζεται και η ροή των αντίστροφων logistics. Να σημειωθεί όμως ότι στα στάδια των αντίστροφων logistics μπορεί να περιλαμβάνονται πρόσθετες λειτουργίες ανάκτησης των προϊόντων, όπως συλλογή-διαλογή, ανακατασκευή, μείωση όγκου, επεξεργασία και άλλες που σχετίζονται με τον κύκλο ζωής των προϊόντων.

Εικ. 2 Εφοδιαστικό δίκτυο και αντίστροφα Logistics



(πηγή: Στειακάκης & Δριτσάκης 2005)

Το *Συμβούλιο Εφοδιαστικής Αλυσίδας* ορίζει ως εφοδιαστική αλυσίδα τις δραστηριότητες των επιχειρήσεων που σχετίζονται με την παραγωγή και την διάθεση των τελικών προϊόντων από τους προμηθευτές προς τους καταναλωτές. Οι δραστηριότητες αυτές περιλαμβάνουν:

- Διαχείριση προσφοράς και ζήτησης.
- Εξεύρεση πρώτων υλών.

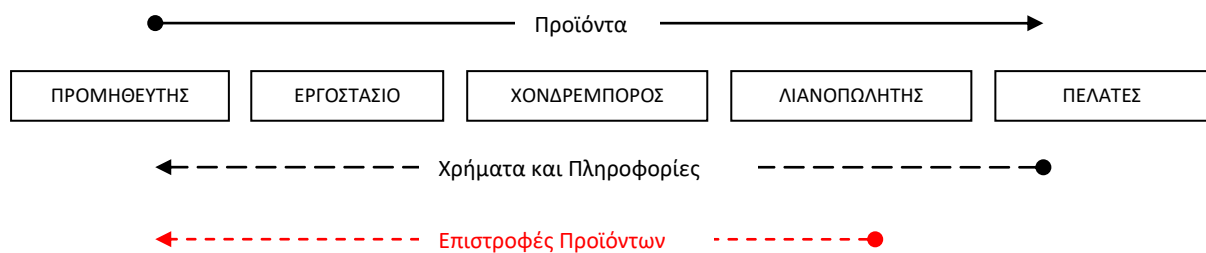


- Παραγωγή και συναρμολόγηση.
- Αποθήκευση και παρακολούθηση των αποθεμάτων.
- Καταγραφή και διαχείριση των παραγγελιών.
- Διανομή των υλικών και προϊόντων σ' ολόκληρη την αλυσίδα.
- Παράδοση των τελικών προϊόντων στους πελάτες

## 1.2 Από τι αποτελείται η εφοδιαστική αλυσίδα

Ήδη αναφέρθηκε ότι τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνουν όλους όσους εμπλέκονται στην παραγωγή και διάθεση ενός προϊόντος στον τελικό καταναλωτή. Μια τυπική δομή εφοδιαστικής αλυσίδας (Σχήμα 1.3) αποτελείται από τα ακόλουθα ενδεχόμενα στάδια:

- Πελάτης.
- Λιανοπωλητής.
- Χονδρέμπορος/Διανομέας.
- Εργοστάσιο.
- Προμηθευτής.



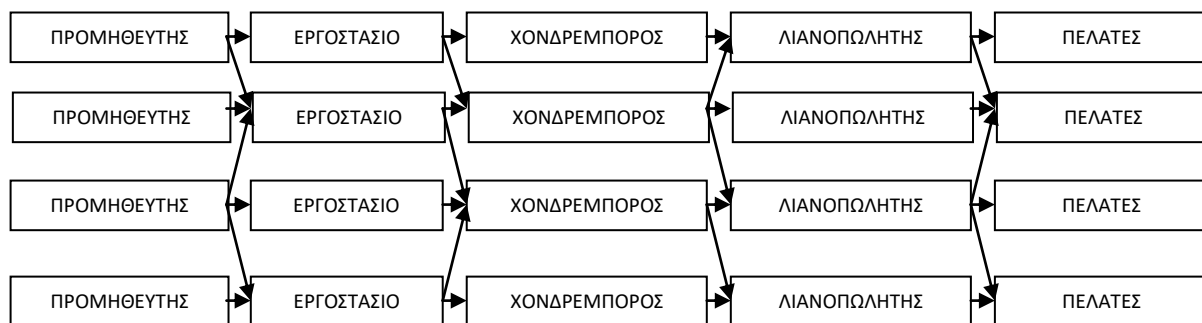
Σχήμα 1.3: Τυπική δομή μιας εφοδιαστικής αλυσίδας

Θα πρέπει σ' αυτό το σημείο να τονιστεί ότι κάθε στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας δεν δρα ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα. Καθένα απ' αυτά ακολουθεί τις δικές του διαδικασίες, αλλά ταυτόχρονα συνεργάζεται με τα υπόλοιπα, ενώ μεταξύ των διαφόρων σταδίων υπάρχει μια συνεχής ροή χρημάτων, προϊόντων και πληροφοριών.

Η παραπάνω δομή μπορεί να μεταβληθεί και να μην περιλαμβάνει κάποια στάδια. Αυτό εξαρτάται τόσο από τις ανάγκες των πελατών όσο και από το πόσο σημαντική είναι η συμμετοχή κάποιου σταδίου στην κάλυψη αυτών των αναγκών. Για παράδειγμα, μία εταιρεία μπορεί μέσω της δημιουργίας ενός δικτυακού τόπου

και ενός βασικού διανομέα να πουλά τα προϊόντα της απευθείας στους πελάτες της, καταργώντας με αυτό τον τρόπο τους χονδρέμπορους και τους λιανοπωλητές. Το παράδειγμα της Dell, όταν ο πελάτης αγοράζει on-line από την Dell computer η αλυσίδα ανεφοδιασμού περιλαμβάνει, μεταξύ των άλλων, τον πελάτη, την ιστοσελίδα που παίρνει τη διαταγή του πελάτη, τις εγκαταστάσεις συναρμολόγησης της Dell, τους προμηθευτές της Dell καθώς και τους προμηθευτές τους. Η ιστοσελίδα παρέχει στον πελάτη τις πληροφορίες σχετικά με την τιμολόγηση, την ποικιλία των προϊόντων, και τη διαθεσιμότητα τους. Κάνοντας μια επιλογή προϊόντων, ο πελάτης εισάγει τις πληροφορίες για την παραγγελία και πληρώνει για το προϊόν. Ο πελάτης μπορεί αργότερα να επιστρέψει στην ιστοσελίδα για να ελέγξει την κατάσταση της παραγγελίας του.

Επίσης, η παραπάνω δομή προϋποθέτει ότι κάθε στάδιο αποτελείται από μόνο ένα λιανοπωλητή, χονδρέμπορο, εργοστάσιο και προμηθευτή. Στην πραγματικότητα βέβαια κάτι τέτοιο δεν ισχύει, γιατί για παράδειγμα ένα εργοστάσιο μπορεί να προμηθεύεται πρώτες ύλες από πολλούς προμηθευτές, ή αντίστοιχα ένας χονδρέμπορος μπορεί να παραλαμβάνει προϊόντα από πολλά εργοστάσια. Γι' αυτό το λόγο ένας πιο σωστός όρος για να περιγραφεί η εφοδιαστική αλυσίδα είναι «*δίκτυο*» ή «*ιστός εφοδιασμού*» (supply network, supply web).

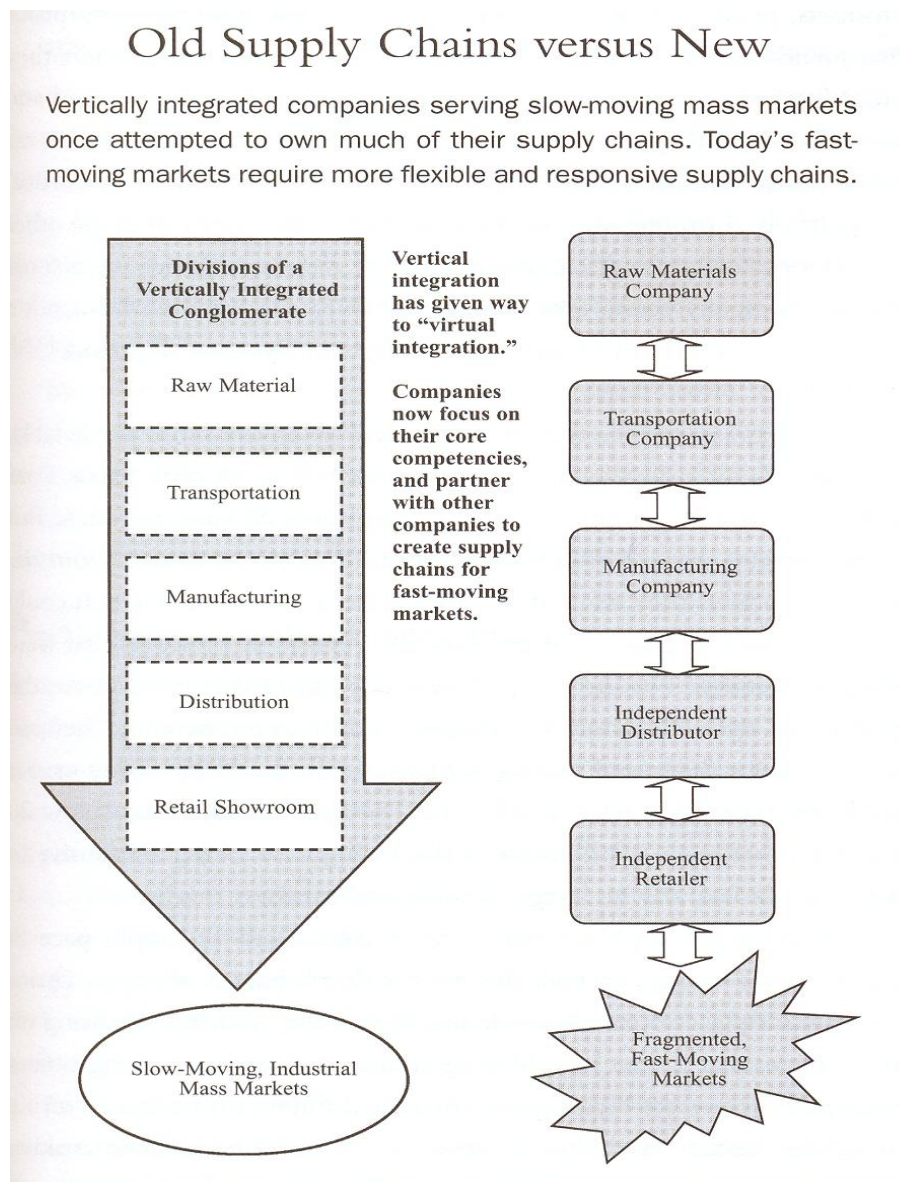


Σχήμα 1.4: Η εφοδιαστική αλυσίδα ως δίκτυο ή ιστός εφοδιασμού

Σ' αυτό το σημείο θα πρέπει να τονιστεί μία διαφοροποίηση στην δομή της εφοδιαστικής αλυσίδας, η οποία οφείλεται στη αλλαγή λειτουργίας της αγοράς (Σχήμα 1.5). Στα πλαίσια των αργά μεταβαλλόμενων μαζικών αγορών (slower moving mass markets) της βιομηχανικής εποχής οι εταιρείες προσπαθούσαν να ελέγχουν ή να έχουν δικές τους εφοδιαστικές αλυσίδες. Η πρακτική αυτή - γνωστή ως κάθετη

ενοποίηση (vertical integration) - αποσκοπούσε στην επίτευξη του μεγαλύτερου δυνατού κέρδους μέσω οικονομιών κλίμακας.

Στις σύγχρονες παγκοσμιοποιημένες και ταχύτερα μεταβαλλόμενες αγορές οι επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται μέσα στα πλαίσια μιας εφοδιαστικής αλυσίδας επικεντρώνονται στην αξιοποίηση των ανταγωνιστικών πλεονεκτημάτων τους και τις υπόλοιπες δραστηριότητές τους είτε τις μεταβιβάζουν σε τρίτες περισσότερο εξειδικευμένες επιχειρήσεις (outsourcing), είτε δημιουργούν συνεργασίες (partnerships) και στρατηγικές συμμαχίες (alliances).



Σχήμα 1.5: Εξέλιξη της δομής της εφοδιαστικής αλυσίδας (πηγή: Hugos 2003, σελ. 21)

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί μία νέα δομή εφοδιαστικής αλυσίδας, η *ηλεκτρονική εφοδιαστική αλυσίδα (e-SC)* ως αποτέλεσμα των τεχνολογικών εξελίξεων των

τελευταίων δεκαετιών. Σ' αυτή οι επιχειρήσεις είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους μέσω διαδικτύου ή/και EDI και μπορούν να αγοράζουν, να πουλούν και να «μεταφέρουν» προϊόντα και χρήματα με ηλεκτρονικό τρόπο. Έτσι, επιτυγχάνουν μείωση του ανταλλακτικού κόστους (switching cost), το οποίο με τη σειρά του επιτρέπει στην εφοδιαστική αλυσίδα να προσαρμόζεται ευκολότερα στις τάσεις της αγοράς, στις προτιμήσεις των καταναλωτών και στις πιέσεις του ανταγωνισμού. Πρόκειται δηλαδή για μία δομή που προσφέρει στα συστατικά μέρη προσαρμοστικότητα και ευελιξία σε ταχύτατα μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα.

**E-supply chain management** ορίζεται ως η χρήση της τεχνολογίας για να βελτιωθούν όλες οι πλευρές των προμηθειών και όλες οι παραπλήσιες διεργασίες. Το E-sc δεν είναι τίποτα άλλο παρά η σύνδεση όλων των μελών μιας εφοδιαστικής αλυσίδας μέσω των πληροφοριακών τους συστημάτων με σκοπό την αυτοματοποίηση των διαδικασιών που θα έχει σαν συνέπεια την μείωση του κόστους και την καλύτερη εξυπηρέτηση.

### 1.3 Τι είναι διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας

Η έννοια της διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας έχει μεταβληθεί αρκετά με το πέρασμα των χρόνων, ενώ ο ορισμός της διαφέρει μεταξύ συγγραφέων. Στις δεκαετίες του '60 και '70 η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας ήταν γνωστή ως διαχείριση αποθεμάτων υλικών (materials logistics management), αφού οι διοικητικές λειτουργίες μιας επιχείρησης επικεντρώνονταν στην ροή των υλικών (material flow), με στόχο την μείωση του λειτουργικού κόστους και τη βελτίωση του επιπέδου εξυπηρέτησης των πελατών. Στις δεκαετίες του '80 και '90 υπήρξε μια αλλαγή κατεύθυνσης προς περισσότερα ενοποιημένες λειτουργίες και δραστηριότητες που επέτρεψαν μεγαλύτερα περιθώρια κέρδους, ενώ δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στη ροή των πληροφοριών – που μειώνει την αβεβαιότητα - μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω υπάρχει μια διαφορά στις έννοιες της διαχείρισης αποθεμάτων (logistics) και της διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας. Η πρώτη ασχολείται με τις δραστηριότητες μέσα στα πλαίσια της επιχείρησης, ενώ η δεύτερη αναφέρεται στο δίκτυο των επιχειρήσεων που συνεργάζονται για να προσφέρουν ένα προϊόν στην αγορά. Επιπρόσθετα, η έννοια της διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνει και δραστηριότητες μάρκετινγκ, χρηματοοικονομικά, ανάπτυξη νέων προϊόντων και εξυπηρέτηση πελατών.

Ο ορισμός της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας όμως μπορεί να διαφέρει και μεταξύ συγγραφέων. Παρόλα αυτά οι διάφοροι ορισμοί μπορούν να καταταχθούν σε τρεις κατηγορίες:

1. Φιλοσοφία διοίκησης.
2. Εφαρμογή της φιλοσοφίας διοίκησης.
3. Σύνολο διοικητικών διαδικασιών.

*Ως φιλοσοφία διοίκησης η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:*

- ↗ Μια συστημική προσέγγιση της εφοδιαστικής αλυσίδας ως συνόλου και της διαχείρισης του συνολικού αποθέματος σε προϊόντα από τον προμηθευτή μέχρι τον τελικό πελάτη (Ellram and Cooper 1990, Houlihan 1988, Tyndall et al. 1998, Cooper et al. 1997, cited in Mentzer et al).
- ↗ Προσπάθειες συνεργασίας και συγχρονισμού των ενδοεπιχειρησιακών και διαεπιχειρησιακών λειτουργιών και στρατηγικών δυνατοτήτων της εφοδιαστικής αλυσίδας ως συνόλου (Ross 1998, Langley and Holcomb 1992, cited in Mentzer et al).
- ↗ Επικέντρωση στον πελάτη και στην κάλυψη των απαιτήσεών του (Ellram and Cooper 1990, Tyndall et al. 1998 cited in Mentzer et al).

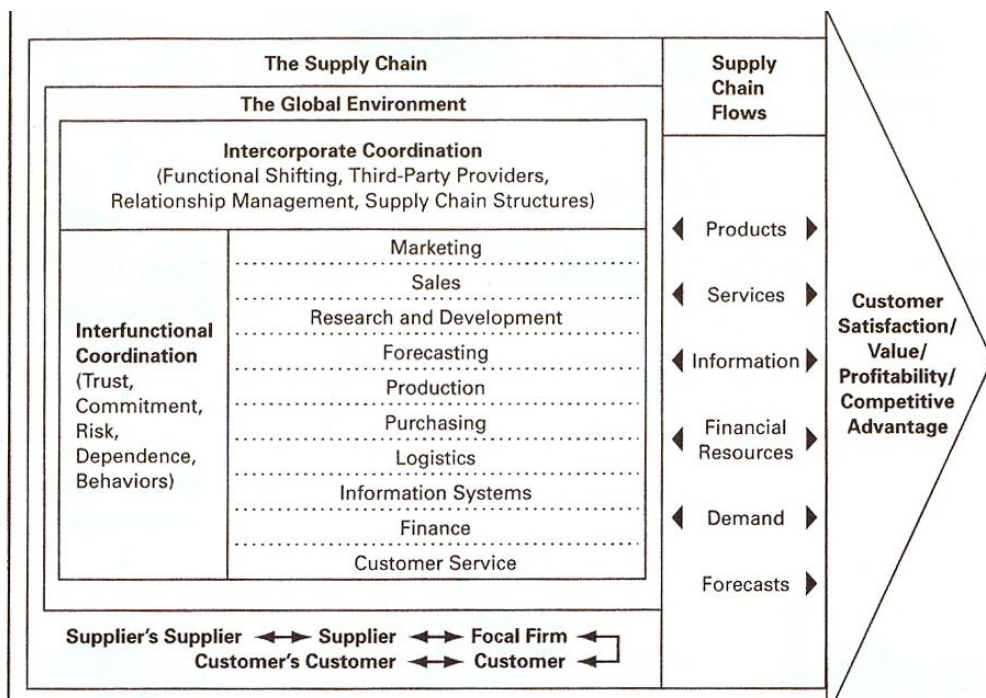
*Ως εφαρμογή της φιλοσοφίας διοίκησης της εφοδιαστικής αλυσίδας οι επιχειρήσεις θα πρέπει να υιοθετήσουν διοικητικές πρακτικές και δραστηριότητες που να είναι σύμφωνες με την φιλοσοφία αυτή. Οι δραστηριότητες αυτές αφορούν, (Cooper et al. 1997, Cooper, Lambert, and Pagh 1997, Ellram and Cooper 1990, Novack, Langley, and Rinehart 1995, Tyndall et al. 1998 cited in Mentzer et al):*

- ↗ Αντιμετώπιση της αλυσίδας ως μίας οντότητας.
- ↗ Αμοιβαίο διαμοιρασμό πληροφοριών, κινδύνου και κερδών.
- ↗ Συνεργασία.
- ↗ Κοινό στόχο σ' ότι αφορά την εξυπηρέτηση των πελατών.
- ↗ Ενοποίηση των διαδικασιών.
- ↗ Μακροπρόθεσμες συνεργασίες με επιχειρήσεις-συνεργάτες.

*Ως ένα σύνολο διοικητικών διαδικασιών η διοίκηση εφοδιαστικής αλυσίδας, διαχειρίζεται σχέσεις, πληροφορίες και υλικά που μετακινούνται μεταξύ των επιχειρήσεων με σκοπό την προσφορά αναβαθμισμένων προϊόντων και υπηρεσιών προς τους πελάτες. Με άλλα λόγια όλες οι διαδικασίες και λειτουργίες μέσα στην*

εφοδιαστική αλυσίδα, θεωρούνται ως λειτουργίες και διαδικασίες κλειδιά (key process). Αυτές μεταξύ άλλων συμπεριλαμβάνουν τη διαχείριση: σχέσεων πελατών (customer relationship management), εξυπηρέτησης πελατών, ζήτησης, παραγγελιών, ροής της παραγωγής, εφοδιασμού, σχεδιασμού προϊόντων και τέλος την εμπορική διαχείριση (Lambert, Stock, and Ellram 1998, cited in Mentzer et al).

Εκτός από τις παραπάνω προσεγγίσεις υπάρχει και αυτή που θεωρεί ότι η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ο συστημικός και στρατηγικός συντονισμός των παραδοσιακών επιχειρησιακών λειτουργιών και τακτικών, τόσο στα πλαίσια μιας επιχείρησης όσο και σε ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα με στόχο την βελτίωση της απόδοσης τόσο των μεμονωμένων επιχειρήσεων, όσο και της εφοδιαστικής αλυσίδας ως συνόλου (Σχήμα 1.6)



Σχήμα 1.6: Μοντέλο διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας (πηγή: Mentzer et al 2001, σελ.19)

Αυτή η συστημική προσέγγιση της εφοδιαστικής αλυσίδας ως μίας οντότητας είναι που της δίνει την δυνατότητα να διαχειρίζεται διαφορετικές και συχνά αντικρουόμενες απαιτήσεις της αγοράς και να παρέχει το πλαίσιο μέσα στο οποίο μπορεί να λειτουργεί και να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις αυτές. Για παράδειγμα, η επίτευξη του στόχου για υψηλό επίπεδο εξυπηρέτησης πελατών, που απαιτεί αντίστοιχα υψηλά επίπεδα αποθεμάτων, έρχεται σε σύγκρουση με την επίτευξη του στόχου για αποτελεσματική λειτουργία που απαιτεί μειωμένα αποθέματα. Επομένως, μόνο αν οι απαιτήσεις αυτές ειπωθούν ως μέρη ενός ευρύτερου συνόλου μπορούν να

αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με συνεχείς βελτιώσεις τόσο στο επίπεδο εξυπηρέτησης πελατών, όσο και στην αποδοτικότητα των συνεργαζόμενων επιχειρήσεων της αλυσίδας. Οι βελτιώσεις στο επίπεδο εξυπηρέτησης πελατών επιτυγχάνονται με υψηλό ρυθμό παραγγελιών και έγκαιρη παράδοσή τους με ταυτόχρονη μείωση του ρυθμού επιστροφής προϊόντων από τους πελάτες. Η αποδοτικότητα των συνεργαζόμενων επιχειρήσεων της αλυσίδας επιτυγχάνεται με μείωση του λειτουργικού κόστους και με ελκυστικά ποσοστά κέρδους.

Η εφοδιαστική αλυσίδα σύμφωνα με τον (Taylor 1997, cited in Burger) έχει τρεις κύριες δραστηριότητες:

1. Ροή προϊόντων (physical flow of goods).
2. Διαχείριση πληροφοριών.
3. Διοίκηση και έλεγχο της εφοδιαστικής αλυσίδας ως συνόλου.

Συνεπώς, οι επιχειρήσεις που απαρτίζουν μια εφοδιαστική αλυσίδα ανεξάρτητα από τις απαιτήσεις της αγοράς και τα όποια λειτουργικά προβλήματα αντιμετωπίζουν, καλούνται να απαντήσουν σε πέντε βασικά ζητήματα που αφορούν:

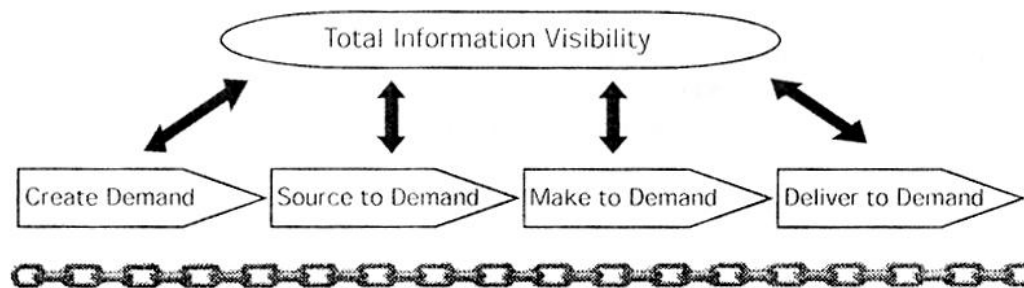
1. *Παραγωγή*: ποια προϊόντα θα παραχθούν, σε ποιες ποσότητες και πότε.
2. *Αποθέματα*: πόσο απόθεμα χρειάζεται κάθε στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας.
3. *Θέση εγκαταστάσεων*: που θα πρέπει να χωροθετηθούν οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις και οι αποθήκες, ποιος ο αριθμός τους και η δυναμικότητά τους.
4. *Μεταφορές*: με ποια μέσα θα γίνεται η μεταφορά των προϊόντων μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα και στον τελικό καταναλωτή.
5. *Πληροφορίες*: ποιες πληροφορίες θα πρέπει να συλλέγονται προς επεξεργασία και ποιες θα πρέπει να διαμοιράζονται με τα άλλα μέλη της αλυσίδας.

Το συμπέρασμα που μπορεί να εξαγεί κανείς από την αναφορά των παραπάνω ζητημάτων είναι ότι αν η στρατηγική μιας επιχείρησης είναι να εξυπηρετήσει μια μαζική αγορά (mass market) και να ανταγωνιστεί σε επίπεδο τιμών, τότε θα πρέπει να επιλέξει μία εφοδιαστική αλυσίδα που έχει ως στόχο την μείωση του κόστους. Αντίθετα, αν επιθυμεί να εξυπηρετήσει μια μαζική αγορά με βασικό χαρακτηριστικό

την καλύτερη εξυπηρέτηση του πελάτη τότε θα πρέπει να επιλέξει μία εφοδιαστική αλυσίδα που έχει ως στόχο την άμεση απόκριση (responsiveness).

Με βάση τα παραπάνω η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας αφορά όλες τις δραστηριότητες που σχετίζονται με την προσφορά ενός προϊόντος στον τελικό πελάτη, δηλαδή από την παραγωγή των πρώτων υλών και ημιτελών προϊόντων, την κατασκευή και συναρμολόγηση, την αποθήκευση, τον έλεγχο αποθεμάτων, τη διανομή, την παράδοση προϊόντων στους πελάτες και όλα τα πληροφοριακά συστήματα που είναι απαραίτητα για την παρακολούθηση όλων αυτών των δραστηριοτήτων. Η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας συντονίζει και ενοποιεί όλες αυτές τις διαδικασίες σε μία (Σχήμα 1.7). Συνδέει τις συνεργαζόμενες επιχειρήσεις και τις διαφορετικές δραστηριότητές τους σε ένα σύστημα, ένα εικονικό οργανισμό. Τα στελέχη όλων των επιχειρήσεων της αλυσίδας ενδιαφέρονται για την επιτυχία όλων των μελών της αλυσίδας, ώστε η τελευταία να είναι ανταγωνιστική. Δεδομένου λοιπόν ότι ανταγωνισμός υφίσταται πλέον σε επίπεδο εφοδιαστικών αλυσίδων και όχι μεμονωμένων επιχειρήσεων αυτές που ηγούνται της αγοράς είναι εκείνες που έχουν τη δυνατότητα να διοικήσουν και να ελέγξουν ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα, από τον αρχικό παραγωγό μέχρι τον τελικό προμηθευτή (Monczka Morgan 1997, cited in Lummus, & Vokurka).

#### Supply chain integration



Σχήμα 1.7: Ενοποίηση των διαδικασιών της εφοδιαστικής αλυσίδας (πηγή: Lummus & Vokurka 1999, σελ.12)

Κλείνοντας την ενότητα αυτή θα πρέπει γίνει αντιληπτό ότι η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας αποσκοπεί στην βελτίωση της συνολικής απόδοσης μιας επιχείρησης. Δεδομένου αφενός ότι τα τελευταία χρόνια η μείωση του κόστους έχει φτάσει στα όριά της και αφετέρου της παγκοσμιοποίησης των αγορών και του αυξημένου ανταγωνισμού, γίνεται σαφές πως η αποτελεσματική διαχείριση της



εφοδιαστικής αλυσίδας διασφαλίζει την αύξηση της κερδοφορίας και του μεριδίου αγοράς των επιχειρήσεων.

#### **1.4 Σύνοψη 1<sup>ου</sup> κεφαλαίου**

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρθηκαν ζητήματα που αφορούν στην έννοια της εφοδιαστικής αλυσίδας. Στην πρώτη ενότητα επιχειρήθηκε ο προσδιορισμός του αντικειμένου της εφοδιαστικής αλυσίδας και παρατηρήθηκε μία πληθώρα ορισμών, ανάλογα με την έμφαση που δίνεται κάθε φορά στις δραστηριότητες της. Στη δεύτερη ενότητα παρουσιάστηκε η δομή της και τα στοιχεία που την απαρτίζουν, ενώ ταυτόχρονα τονίστηκε η διαφορά που παρατηρείται στη δομή της εφοδιαστικής αλυσίδας τα τελευταία χρόνια, λόγω της αλλαγής του τρόπου λειτουργίας των αγορών και της χρήσης του διαδικτύου από τις επιχειρήσεις. Στην τρίτη ενότητα έγινε μια προσπάθεια προσδιορισμού της έννοιας της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας και της σημασίας της ενοποίησης των διαδικασιών της, ώστε να είναι αποδοτική και αποτελεσματική.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> : Πρόβλεψη της ζήτησης

### 2.1 Τι είναι η πρόβλεψη ζήτησης

Κατά την διαδικασία της προετοιμασίας για μια πρόβλεψη μπορούμε να αξιοποιήσουμε πληροφορίες και στατιστικά στοιχεία από πολλές πηγές. Οι πληροφορίες ταξινομούνται συνήθως ανάλογα με το αν προέρχονται από εσωτερικές ή εξωτερικές πηγές, δηλαδή από μέσα ή έξω από την επιχείρηση (Δερβιτσιώτη, Διοίκηση Παραγωγής, 1999 σελ. 89).

**Πληροφορίες από εσωτερικές πηγές:** Για μία επιχείρηση που είδη λειτουργεί μερικά χρόνια υπάρχουν στοιχεία από προηγούμενες παραγγελίες που μπορεί η διοίκηση να τις χρησιμοποιήσει για να δει την πορεία των πωλήσεων από τον ένα χρόνο στον άλλο και τις πιθανές διακυμάνσεις των διαφόρων εποχών. Μπορούμε επίσης να συμβουλευθούμε και το τεχνικό προσωπικό που να είναι σε θέση να συμβάλλει στη διαμόρφωση της πρόβλεψης.

**Πληροφορίες από εξωτερικές πηγές:** Για νέες επιχειρήσεις θα χρειασθεί η διοίκηση να συμβουλευθεί κυρίως εξωτερικές πηγές. Αυτές παρέχουν δημοσιευμένα στοιχεία, από την στατιστική υπηρεσία, το εμπορικό επιμελητήριο του κλάδου, τους ειδικούς στα τμήματα μελετών μιας εμπορικής τράπεζας ή ακόμα και ξένα εμπορικά επιμελητήρια που διαθέτουν στοιχεία, ιδιαίτερα όταν σημαντικό μέρος της παραγωγής προορίζεται για εξαγωγές. Αν η επένδυση σε μία νέα επιχειρηματική δραστηριότητα είναι μεγάλη και χρειάζονται ειδικές τεχνικές γνώσεις αξίζει να εξετάσει η διοίκηση την ανάθεση της σχετικής έρευνας σε κάποιο ειδικό συμβουλευτικό γραφείο.

Στις μέρες μας, η ολοένα αυξανόμενη αβεβαιότητα που χαρακτηρίζει τη ζήτηση των προϊόντων ή των υπηρεσιών και συνεπώς η αβεβαιότητα των απαιτήσεων, σε μηχανές, πρώτες ύλες, κεφάλαια και ανθρώπινο δυναμικό που θα χρησιμοποιηθεί ώστε να ικανοποιηθεί η ζήτηση, κατέστησε αναγκαία την ανάπτυξη μεθόδων πρόβλεψης της ζήτησης. Ο προγραμματισμός της παραγωγής και ο έλεγχος, ειδικότερα, απαιτούν εκτιμήσεις όσον αφορά την ποσότητα και το χρόνο που αναμένεται να ζητηθεί το προϊόν ενός παραγωγικού συστήματος. Βάση των αποτελεσμάτων αυτών, η επιχείρηση, μπορεί να αποφασίσει αν την συμφέρει ή όχι να προχωρήσει στην παραγωγή του προϊόντος. Οι εκτιμήσεις της αυτές θα

χρησιμοποιηθούν για την κατάρτιση των προγραμμάτων παραγωγής, την προμήθειας πρώτων υλών και την απασχόλησης ανθρώπινου δυναμικού. Όσο ποίο αξιόπιστες είναι οι σχετικές προβλέψεις, τόσο ποίο αποτελεσματικές θα είναι σε σχέση με τον προγραμματισμό του συστήματος παραγωγής.

Προτού μια εταιρεία επιλέξει ποια μέθοδος πρόβλεψης θα χρησιμοποιήσει, θα πρέπει να γνωρίζει με μεγάλη σαφήνεια το χρόνο απόκρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας και αυτό γιατί η συγκεκριμένη πληροφορία καθορίζει το χρονικό σημείο για το οποίο χρειάζεται να γίνουν προβλέψεις. Για παράδειγμα αν μια εταιρεία χρησιμοποιήσει τις προβλέψεις για να αποφασίσει το μέγεθος της παρτίδας ενός προϊόντος που θα παραγγείλει, είναι υποχρεωμένη να γνωρίζει το χρόνο απόκρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας σε μια τέτοια παραγγελία. Εάν λοιπόν για την εφοδιαστική αλυσίδα χρειάζονται 6 μήνες να ανταποκριθεί στην παραγγελία, τότε η εταιρεία πρέπει να κάνει πρόβλεψη της ζήτησης 6 μήνες πριν χρειαστεί το συγκεκριμένο προϊόν (Chopra & Meindl, 2001 σελ. 68-69).

Ανάμεσα στα στοιχεία που θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη μια εταιρεία στις προβλέψεις της ζήτησης των προϊόντων της, συμπεριλαμβάνονται και η ζήτηση προηγούμενων χρόνων, προσχεδιασμένη διαφημιστική εκστρατεία, οι ενέργειες του τμήματος μάρκετινγκ, η θέση έκθεσης των προϊόντων της σε διάφορους καταλόγους, η κατάσταση της οικονομίας, οι προσχεδιασμένες εκπτώσεις στην τιμή και οι ενέργειες που έχουν γίνει από τους ανταγωνιστές. Συνεπώς κρίνεται απαραίτητο για κάθε εταιρεία να έχει μελετήσει πλήρως όλους αυτούς τους παράγοντες, πριν επιλέξει τη μέθοδο πρόβλεψης της ζήτησης που θα χρησιμοποιήσει.

Σήμερα οι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί για τη διενέργεια των προβλέψεων είναι αρκετές και χρησιμοποιούνται για τη λήψη των κατάλληλων αποφάσεων ανάλογα πάντα με τις συνθήκες στην επιχείρηση (Παππή, Προγραμματισμός Παραγωγής, 1999, σελ. 15). Η επιλογή της καταλληλότερης κάθε φορά μεθόδου, η εγκατάσταση και χρήση της και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων της είναι μερικά από τα προβλήματα που αντιμετωπίζονται στην πρακτική αξιοποίηση των μεθόδων αυτών. Γενικά, ο βασικός παράγοντας που καθορίζει την επιλογή της μεθόδου πρόβλεψης ζήτησης είναι το είδος των αποφάσεων που πρέπει να ληφθούν βάσει των προβλέψεων που θα προκύψουν. Εκτός από τον παράγοντα αυτό, η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου καθορίζεται από ένα σύνολο ειδικότερων παραγόντων, στους οποίους περιλαμβάνονται (Παππή, Προγραμματισμός Παραγωγής, 1999, σελ. 15):

**α) Η ζητούμενη μορφή της πρόβλεψης:** Συνήθως η πρόβλεψη παίρνει τη μορφή της εκτίμησης ενός ή περισσότερων χαρακτηριστικών της κατανομής των πιθανοτήτων για την μεταβλητή, της οποίας ζητείται η πρόβλεψη. Τέτοια χαρακτηριστικά μπορεί να είναι η μέση τιμή της μεταβλητής, ή η τυπική απόκλιση, ή το διάστημα τιμών της πρόβλεψης (ένα διάστημα που, με κάποια πιθανότητα, περιέχει την προβλεπόμενη τιμή της μεταβλητής).

**β) Η περίοδος και ο ορίζοντας πρόβλεψης:** Περίοδος πρόβλεψης είναι το χρονικό διάστημα, με βάση την οποία γίνονται οι προβλέψεις. Για παράδειγμα, περίοδος πρόβλεψης μπορεί να είναι η εβδομάδα ή ο μήνας ή το έτος. Ορίζοντας πρόβλεψης είναι ένας αριθμός περιόδων. Έτσι, ο ορίζοντας πρόβλεψης μπορεί να περιλαμβάνει 10 εβδομάδες, για τις οποίες ζητείται να γίνει πρόβλεψη της ζήτησης. Προβλέψεις μπορεί να γίνονται κάθε φορά, με βάση τα στοιχεία που διατίθενται, για την επόμενη περίοδο ή και για όλες τις περιόδους, από τις οποίες αποτελείται ο χρονικός ορίζοντας. Τόσο η περίοδος όσο και ο ορίζοντας πρόβλεψης υπαγορεύονται από το είδος της απόφασης (στρατηγική, τακτική, λειτουργική), ενώ ανάλογα υπαγορεύεται και η μέθοδος πρόβλεψης που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα, για στρατηγικές αποφάσεις (μακροπρόθεσμες αποφάσεις), ο ορίζοντας πρόβλεψης μπορεί να είναι 10 έτη και η περίοδος πρόβλεψης ένα έτος.

**γ) Το κόστος της μεθόδου:** Το κόστος αυτό διαμορφώνεται σε διαφορετικό ύψος, ανάλογα με την επιζητούμενη ακρίβεια πρόβλεψης και τις απαιτήσεις που έχει η μέθοδος όσον αφορά το πλήθος των στοιχείων, τις αναγκαίες επεξεργασίες, το χρόνο απασχόλησης όσων εμπλακούν στις διαδικασίες ανάπτυξης της μεθόδου, προετοιμασίας των στοιχείων, εγκατάστασης και λειτουργίας της μεθόδου κλπ. Το κόστος συνδέεται και με τη χρήση ειδικού εξοπλισμού και εξειδικευμένου προσωπικού (προγράμματα SPSS, winQSB, Excel).

**δ) Η επιζητούμενη ακρίβεια:** Το επίπεδο ακρίβειας των προβλέψεων είναι μια παράμετρος που καθορίζεται από το χρήστη, ανάλογα με το είδος των προβλέψεων και την ασφάλεια των προβλέψεων (ακρίβεια) που επιδιώκει να πετύχει. Η ακρίβεια μιας μεθόδου αυξάνει όσο περισσότερο στηρίζεται σε ποσοτικά στοιχεία, όσο περισσότερα είναι τα στοιχεία αυτά και όσο μικρότερος είναι ο χρονικός ορίζοντας των προβλέψεων.

**ε) Η απλότητα και ευκολία εφαρμογής:** Οι απλούστερες μέθοδοι είναι ευκολότερο να κατανοηθούν και να υιοθετηθούν από τη διοίκηση μιας επιχείρησης, ώστε να αποτελέσουν βοήθημα στη λήψη των αποφάσεων. Η απλότητα συνήθως συνδυάζεται με ευκολότερη εφαρμογή και χαμηλότερο κόστος ανάπτυξης, εγκατάστασης και εφαρμογής της μεθόδου.

**στ) Τα διαθέσιμα στοιχεία:** Το είδος και η ποσότητα των διαθέσιμων στοιχείων επηρεάζουν την επιλογή της μεθόδου, αφού κάθε μέθοδος έχει διαφορετικές απαιτήσεις. Για παράδειγμα, οι μέθοδοι που βασίζονται σε χρονοσειρές απαιτούν ακριβή ποσοτικά στοιχεία για ένα συνήθως μεγάλο σύνολο προηγούμενων περιόδων. Δεν συμβαίνει το ίδιο με τις ποιοτικές μεθόδους. Επιπλέον, τα διαθέσιμα στοιχεία συχνά μπορούν, μετά από κατάλληλη ανάλυση, να υποδείξουν τη συνάρτηση που χαρακτηρίζει τη μεταβλητή, για την οποία ζητείται η πρόβλεψη. Για παράδειγμα, τα διαθέσιμα στοιχεία μπορεί να υποδεικνύουν πως η μεταβλητή (το προϊόν) χαρακτηρίζεται από εποχικότητα και άρα πως πρέπει να επιλεγεί μέθοδος κατάλληλη για τέτοιες προβλέψεις.

## 2.2 Σημασία και χρήση των προβλέψεων

Οι μέθοδοι που επιλέγησαν για να παρουσιαστούν είναι αντιπροσωπευτικές των προσεγγίσεων που χρησιμοποιούνται με διάφορα κριτήρια, για διαφορετικούς σκοπούς και με διαφορετικό πεδίο εφαρμογής. Εκτός από αυτές έχουν αναπτυχθεί και άλλες, που ανήκουν σε μια από τις βασικές προσεγγίσεις που περιγράφηκαν. Μεταξύ αυτών ενδεικτικά αναφέρονται οι μέθοδοι αποσύνθεσης, η μέθοδος Box-Jenkins, η μέθοδος πρόβλεψης με σειρές Fourier κλπ (Παπής, Προγραμματισμός Παραγωγής, 1995 σελ.47-48).

Γενικά, στο χώρο των προβλέψεων έχουν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι, που διαφέρουν στο βαθμό πολυπλοκότητας, στο κόστος και στην ευκολία εφαρμογής, στις απαιτήσεις για υπολογιστική υποστήριξη κλπ. Μια βασική παράμετρος σύγκρισης των διαφόρων μεθόδων είναι η ακρίβεια πρόβλεψης που επιτυγχάνεται με αυτές. Είναι παραδεκτό ότι οι πολύπλοκες μέθοδοι δεν παράγουν απαραίτητα πιο ακριβή αποτελέσματα απ' ότι οι απλούστερες μέθοδοι. Για παράδειγμα, συνήθως τα απλούστερα μοντέλα εκθετικής εξομάλυνσης δίνουν καλύτερα αποτελέσματα συγκρινόμενα με περισσότερο σύνθετα μοντέλα χρονοσειρών, όπως είναι η μέθοδος Box-Jenkins. Επίσης, η ακρίβεια πρόβλεψης βελτιώνεται καθώς συνδυάζονται οι προβλέψεις από περισσότερες μεθόδους για να προσδιορισθεί η τελική πρόβλεψη. Εξ

άλλου ο κίνδυνος ενός μεγάλου σφάλματος στην πρόβλεψη από εκλογή λανθασμένης μεθόδου μειώνεται όταν συνδυάζονται τα αποτελέσματα από δύο ή περισσότερες μεθόδους. Τέλος, η διαφοροποίηση της ακρίβειας μεταξύ διαφορετικών συνδυασμών μεθόδων πρόβλεψης ελαττώνεται καθώς ο αριθμός των μεθόδων αυξάνεται.

Η σημασία των προβλέψεων στην πράξη είναι μεγάλη, αφού κάθε σπουδαία απόφαση στις επιχειρήσεις, στρατηγικού ή τακτικού χαρακτήρα, βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε αυτές. Έχει σημασία, λοιπόν, η επιλογή της σωστής μεθόδου (ή συνδυασμού μεθόδων) πρόβλεψης. Οι υποκειμενικές μέθοδοι πρόβλεψης έχουν εφαρμογή σε μακροπρόθεσμες προβλέψεις και είναι πιο ευαίσθητες σε γεγονότα (π.χ. σημαντικές εξελίξεις στον τομέα της τεχνολογίας ή μεγάλα πολιτικά γεγονότα) που μπορεί να έχουν σπουδαία επίδραση στα ζητήματα που ενδιαφέρουν μian επιχείρηση, αλλά που δεν μπορούν να ανιχνευτούν σε χρονοσειρές. Οι μέθοδοι αυτές χρησιμοποιούνται για τη λήψη αποφάσεων που αφορούν τα μεγάλα στρατηγικά ζητήματα της επιχείρησης (επιλογή προϊόντος, θέσης εγκατάστασης, δυναμικότητας, τεχνολογίας κλπ.) Τα αιτιακά μοντέλα εφαρμόζονται για μεσοπρόθεσμες προβλέψεις, σε ζητήματα όπως ο σωρευτικός προγραμματισμός της παραγωγής (καθορισμός ετήσιου πλάνου παραγωγής, πολιτική προσωπικού κλπ.). Οι μέθοδοι των χρονοσειρών, τέλος, είναι ιδιαίτερα προσαρμόσιμες σε βραχυπρόθεσμες προβλέψεις και στη χρήση συστημάτων υπολογιστών, έχουν μικρό κόστος εγκατάστασης, και είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για την διενέργεια προβλέψεων για μεγάλο αριθμό αντικειμένων, όπως συχνά απαιτείται π.χ. στον έλεγχο αποθεμάτων.

### 2.3 Μέθοδοι πρόβλεψης της ζήτησης

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία στο οποίο βασίζεται ο σχεδιασμός της εφοδιαστικής αλυσίδας, είναι η πρόβλεψη της μελλοντικής ζήτησης. Οι προβλέψεις του όγκου των πωλήσεων, σε οποιοδήποτε χρονικό διάστημα και αν αναφέρονται, επηρεάζουν το πρόγραμμα παραγωγής, την ποσότητα των πρώτων υλών που απαιτούνται, τις πολιτικές διαχείρισης των αποθεμάτων και τα ελάχιστα προκαθορισμένα όρια των πωλήσεων (sales quotas). Παρατηρούμε συνεπώς πως η στρατηγική διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, αλλά και ολόκληρη η λειτουργία της βασίζεται στις προβλέψεις της μελλοντικής ζήτησης. Στην πραγματικότητα λοιπόν, η μακροχρόνια επιτυχία μιας επιχείρησης συνδέεται στενά με το κατά πόσο η διοίκηση της είναι ικανή να προβλέπει το μέλλον και να αναπτύσσει τις κατάλληλες στρατηγικές. Η ορθή κρίση, η διαίσθηση και η γνώση της κατάστασης της οικονομίας

είναι σε θέση να προσφέρουν σε ένα μάνατζερ, μια αίσθηση περί τίνος πρόκειται να συμβεί στο μέλλον. Ωστόσο, δεν αρκεί απλά αυτή η αίσθηση ώστε να προβλεφθεί είτε ο όγκος των πωλήσεων στο επόμενο τρίμηνο, είτε το κόστος ανά μονάδα απαιτούμενης πρώτης ύλης για την επόμενη χρονιά. Για αυτόν το λόγο έχουν αναπτυχθεί τον τελευταίο καιρό αρκετές μέθοδοι πρόβλεψης (Anderson, Sweeney and Williams, 2003 σελ.732).

Οι μέθοδοι πρόβλεψης χωρίζονται σε ποσοτικές και σε ποιοτικές. Οι **ποσοτικές μέθοδοι** χρησιμοποιούνται κάτω από τρεις προϋποθέσεις. Πρώτον, η επιχείρηση θα πρέπει να διαθέτει πληροφορίες, που αφορούν το παρελθόν και την πορεία της μεταβλητής για την οποία ζητείται να γίνει πρόβλεψη. Δεύτερον, οι πληροφορίες θα πρέπει να μπορούν να ποσοτικοποιηθούν και τρίτον, να είναι δυνατή η λογική υπόθεση ότι το μοτίβο συμπεριφοράς της ζήτησης κατά το παρελθόν θα συνεχιστεί και στο μέλλον. Σε μια τέτοια περίπτωση οι ποσοτικές μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι η μέθοδος της χρονολογικής σειράς (time series) ή αιτιώδης μέθοδος (casual).

Αν τα ιστορικά δεδομένα περιορίζονται σε περασμένες τιμές ζήτησης, η μέθοδος πρόβλεψης λέγεται μέθοδος χρονολογικής σειράς (time series). Ο αντικειμενικός στόχος αυτής της μεθόδου είναι να ανακαλύψει μια γενική τάση συμπεριφοράς της ζήτησης με βάση τα ιστορικά δεδομένα και στη συνέχεια να συνάγει τον τρόπο συμπεριφοράς της ζήτησης στο μέλλον. Η πρόβλεψη λοιπόν βασίζεται αποκλειστικά στις τιμές της ζήτησης του παρελθόντος και διακρίνονται τρεις μέθοδοι χρονολογικής σειράς (time series). Πρώτον, τη μέθοδο εξομάλυνσης (κινητοί μέσοι, σταθμισμένοι κινητοί μέσοι και εκθετική εξομάλυνση), δεύτερον τη μέθοδο προβολής της τάσης στο μέλλον (trend projection) και τρίτον τη μέθοδο της προβολής της τάσης προσαρμοσμένη στην επίδραση της εποχικότητας.

Οι αιτιώδεις μέθοδοι πρόβλεψης (casual) βασίζονται στην υπόθεση ότι η ζήτηση αναπαριστά μια σχέση αίτιου – αιτιατού με μια ή παραπάνω άλλες μεταβλητές. Οι αιτιώδεις μέθοδοι πρόβλεψης βασίζονται στην υπόθεση ότι η πρόβλεψη ζήτησης συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με συγκεκριμένους παράγοντες του εξωτερικού περιβάλλοντος όπως για παράδειγμα τη γενική κατάσταση μιας οικονομίας ή την πορεία των επιτοκίων. Αυτές οι μέθοδοι βρίσκουν τη συσχέτιση μεταξύ της ζήτησης και των περιβαλλοντικών παραγόντων και στη συνέχεια για να κάνουν την πρόβλεψη της ζήτησης, υπολογίζουν την πορεία των παραγόντων αυτών

στο μέλλον. Για παράδειγμα, όλοι γνωρίζουν ότι η τιμολόγηση ενός προϊόντος συσχετίζεται σοβαρά με τη ζήτηση. Συνεπώς οι εταιρείες μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις συγκεκριμένες μεθόδους, για να προβλέψουν τις επιπτώσεις που θα προκαλέσει στη ζήτηση, μια ενδεχόμενη αύξηση της τιμής ενός προϊόντος.

Συνήθως η αιτιώδης μέθοδος που χρησιμοποιείται, είναι η μέθοδος της παλινδρομικής ανάλυσης (regression analysis). Για παράδειγμα, ο όγκος πωλήσεων για πολλά προϊόντα εξαρτάται από τις διαφημιστικές δαπάνες και συνεπώς η παλινδρομική ανάλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προκύψει μια μαθηματική εξίσωση που θα περιγράφει τον τρόπο με τον οποίον συνδέονται οι μεταβλητές της ζήτησης και των διαφημιστικών δαπανών. Στη συνέχεια, μόλις ορισθεί ο διαφημιστικός προϋπολογισμός για την επόμενη περίοδο, αντικαθιστώντας στην εξίσωση που προέκυψε τη μεταβλητή των δαπανών με την τιμή που έχει προαποφασιστεί, οδηγούμαστε στην πρόβλεψη των πωλήσεων για την επόμενη περίοδο. Αξίζει να σημειωθεί ότι αν για την παραπάνω περίπτωση χρησιμοποιούνταν η μέθοδος της χρονολογικής σειράς (time series), οι διαφημιστικές δαπάνες δε θα είχαν ληφθεί υπόψη και αυτό διότι η μέθοδος χρονικής σειράς βασίζει αποκλειστικά την πρόβλεψη σε πωλήσεις προηγούμενων ετών.

Οι **ποιοτικές μέθοδοι** πρόβλεψης γενικά περιλαμβάνουν την χρήση της κριτικής ικανότητας των ειδικών. Ένα πλεονέκτημα αυτών των μεθόδων αποτελεί το γεγονός ότι εφαρμόζονται όταν η πληροφόρηση για τη μεταβλητή που πρέπει να προβλεφθεί, δεν μπορεί να ποσοτικοποιηθεί, ή όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα. Στην κατηγορία αυτών των μεθόδων ανήκουν η μέθοδος των Δελφών, η μέθοδος της κρίσης ειδικού, η μέθοδος της γραφής του σεναρίου και τέλος η μέθοδος των διαισθητικών προσεγγίσεων (Anderson, Sweeney and Williams, 2003 σελ. 732).

Τέλος, υπάρχουν και οι **μέθοδοι της προσομοίωσης**, οι οποίες μιμούνται τις επιλογές των καταναλωτών που προκαλούν αύξηση στη ζήτηση, έτσι ώστε να φτάσουν στην πρόβλεψη. Χρησιμοποιώντας την προσομοίωση, μια εταιρεία μπορεί να συνδυάσει τη μέθοδο των χρονολογικών σειρών (time series) με τη μέθοδο των αιτιωδών προβλέψεων, για να απαντήσει σε ερωτήσεις όπως ποια θα είναι η επίδραση από μια αύξηση της τιμής ή ποιες θα είναι οι επιπτώσεις αν ένας ανταγωνιστής ανοίξει ένα κατάστημα κοντά στη δική μας επιχείρηση (Chopra and Meindl, 2001 σελ. 71). Για παράδειγμα, ορισμένες αεροπορικές εταιρείες προσομοιάζουν την αγοραστική



συμπεριφορά των πελατών τους, ώστε να προβλέψουν τη ζήτηση για τις θέσεις με υψηλότερο εισιτήριο, όταν δεν είναι διαθέσιμες οι θέσεις με χαμηλό εισιτήριο.

Στον προγραμματισμό και τον έλεγχο της παραγωγής οι αποφάσεις που παίρνονται μπορούν να αφορούν διαφορετικούς χρονικούς ορίζοντες, οπότε χρησιμοποιούνται συνήθως διαφορετικές μέθοδοι προβλέψεων. Όμως μπορούμε να κατατάξουμε τις αποφάσεις που παίρνονται σε τρεις γενικές κατηγορίες, ανάλογα με το χρονικό ορίζοντα που αυτές αναφέρονται και τις επιπτώσεις που μπορούν να έχουν στο σύστημα (π.χ. στο ύψος των πόρων που δεσμεύονται)(Παππή, Προγραμματισμός Παραγωγής, 1995, σελ.17):

1. **Βραχυπρόθεσμες.** Οι βραχυχρόνιες αποφάσεις παίρνονται για ενέργειες που επηρεάζουν το παρόν και το άμεσο μέλλον της επιχείρησης. Οι σχετικές αποφάσεις αφορούν τρέχουσες λειτουργίες της παραγωγής και μεταφράζονται σε αντίστοιχες απαιτήσεις για εργατικό προσωπικό, για πρώτες ύλες και για μηχανήματα, που χρειάζονται για να εκτελεστεί το πρόγραμμα παραγωγής. Για αυτές τις προβλέψεις χρησιμοποιούνται μέθοδοι προεκβολής, που είναι σχετικά φθηνές στην εγκατάσταση και λειτουργία τους και μπορούν να προσαρμόζονται σε καταστάσεις που απαιτούν μεγάλο αριθμό παραμέτρων για την πρόβλεψη.
2. **Μεσοπρόθεσμες.** Οι μεσοπρόθεσμες αποφάσεις παίρνονται για ζητήματα όπως ο συγκεντρωτικός προγραμματισμός, που περιλαμβάνει τον προγραμματισμό του μηνιαίου ύψους της παραγωγής, του προσωπικού, των πρώτων υλών, των αποθεμάτων και του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθούν μεσοπρόθεσμα, π.χ. στους επόμενους 6 ή 12 μήνες.
3. **Μακροπρόθεσμες.** Οι μακροπρόθεσμες αποφάσεις παίρνονται για ζητήματα που έχουν να κάνουν με τη συνολική δυναμικότητα ενός συστήματος, τη θέση εγκατάστασης της επιχείρησης, την τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή, το μίγμα των προϊόντων ή των υπηρεσιών που θα παραχθούν κλπ. Ο χρονικός ορίζοντας εκτείνεται στα επόμενα χρόνια (π.χ. 5 ή 10 χρόνια). Οι προβλέψεις εδώ χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη αβεβαιότητα και μικρότερη ακρίβεια σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις. Γίνεται χρήση των **αιτιακών** και των **ποιοτικών** μεθόδων ή συνδυασμών τους.

## 2.4 Η μέθοδος της χρονολογικής σειράς

Η μέθοδος της χρονολογικής σειράς (time series) είναι ένα σύνολο παρατηρήσεων μιας μεταβλητής κατά το παρελθόν, που μετρήθηκε σε διαδοχικά σημεία μέσα στο χρόνο ή κατά τη διάρκεια διαδοχικών περιόδων του χρόνου. Ο τρόπος συμπεριφοράς αυτής της μεταβλητής (πχ η ζήτηση) αποτελείται από διάφορα συστατικά. Η συνήθης υπόθεση είναι ότι υπάρχουν τέσσερα ξεχωριστά συστατικά: η τάση, η κυκλικότητα, η εποχικότητα και η αταξία, και τα οποία συνδυάζονται για να δώσουν συγκεκριμένες τιμές στη μέθοδο της χρονολογικής σειράς (Anderson, Sweeney and Williams, 2003 σελ.733).

Σε μία ανάλυση χρονολογικής σειράς, οι μετρήσεις μπορεί να πραγματοποιούνται κάθε ώρα, μέρα, βδομάδα, μήνα, χρόνο ή κατά γενικά ενός τακτικού διαστήματος. Αν και τα δεδομένα της μεθόδου αυτής γενικά επιδεικνύουν τυχαίες διακυμάνσεις, ωστόσο η μέθοδος της χρονολογικής σειράς είναι σε θέση να παρέχει βαθμιαίες μεταβολές ή κινήσεις προς σχετικά χαμηλότερες ή υψηλότερες τιμές για μία μεγαλύτερη χρονική περίοδο. Αυτή η βαθμιαία μεταβολή αναφέρεται συχνά ως τάση και είναι συνήθως αποτέλεσμα μακροπρόθεσμων παραγόντων, όπως οι αλλαγές στον πληθυσμό, τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού, η τεχνολογία και οι προτιμήσεις των καταναλωτών.

Αν και η μέθοδος της χρονολογικής σειράς μπορεί να προσφέρει μία τάση της ζήτησης για μεγάλες περιόδους του χρόνου, όλες οι μελλοντικές τιμές της ζήτησης είναι φυσικό να μην συμπίπτουν ακριβώς με τη γραμμή της τάσης. Στην πραγματικότητα η χρονολογική σειρά συχνά παρέχει εναλλασσόμενες διαδοχές σημείων, κάτω και πάνω από την γραμμή της τάσης. Κάθε επαναλαμβανόμενη διαδοχή σημείων πάνω και κάτω από την γραμμή τάσης, που διαρκεί τουλάχιστον ένα χρόνο, μπορεί να αποδοθεί στο κυκλικό συστατικό της χρονολογικής σειράς. Πολλές χρονολογικές σειρές παρουσιάζουν κυκλική συμπεριφορά, η οποία συνήθως οφείλεται στις κυκλικές κινήσεις της οικονομίας μέσα στη διάρκεια ενός χρόνου. Για παράδειγμα, περίοδοι μέτριου πληθωρισμού που ακολουθούνται από περιόδους υψηλού πληθωρισμού, μπορούν να οδηγήσουν σε χρονολογικές σειρές που εναλλάσσονται πάνω και κάτω από μία γενικά αυξητική γραμμή τάσης (πχ η χρονολογική σειρά για τα έξοδα των νοικοκυριών). Αν και τα συστατικά της τάσης και της κυκλικότητας στην μέθοδο της χρονολογικής σειράς προσδιορίζονται μέσω της ανάλυσης πολύχρονων κινήσεων των ιστορικών δεδομένων, πολλές χρονολογικές

σειρές παρουσιάζουν μία κανονική συμπεριφορά για παραπάνω του ενός χρόνου περιόδους. Για παράδειγμα, ένας επιχειρηματίας που κατασκευάζει πισίνες, αναμένει χαμηλές πωλήσεις κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα και κατακόρυφη αύξηση των πωλήσεων κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του καλοκαιριού. Το συστατικό λοιπόν της μεθόδου της χρονολογικής σειράς που αντιπροσωπεύει τη μεταβλητότητα των δεδομένων εξαιτίας των εποχικών επιδράσεων ονομάζεται εποχικότητα (Anderson, Sweeney and Williams, 2003 σελ.733-735).

Τέλος, το συστατικό της αταξίας είναι εκείνο το συστατικό στο οποίο αποδίδονται όλοι εκείνοι οι παράγοντες που προκαλούν αποκλίσεις μεταξύ των πραγματικών τιμών των χρονολογικών σειρών και των αναμενόμενων και οι οποίοι δεν σχετίζονται με την τάση την κυκλικότητα και την εποχικότητα. Αυτό το συστατικό προέρχεται από τους βραχυπρόθεσμους, μη αναμενόμενους και μη επαναλαμβανόμενους παράγοντες που επηρεάζουν τη μέθοδο της χρονολογικής σειράς. Επειδή σε αυτό το συστατικό αποδίδεται η τυχαία μεταβλητότητα της μεθόδου, είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθεί.

#### 2.4.1 Χρήση των μεθόδων εξομάλυνσης για την πρόβλεψη

Όπως προαναφέρθηκε μία κατηγορία των μεθόδων της χρονολογικής σειράς είναι οι μέθοδοι εξομάλυνσης. Αυτοί οι μέθοδοι έχουν ως στόχο να εξομαλύνουν τις τυχαίες διακυμάνσεις που προέρχονται από το συστατικό της αταξίας των μεθόδων της χρονολογικής σειράς. Οι μέθοδοι της εξομάλυνσης είναι κατάλληλοι για μία σταθερή χρονολογική σειρά, δηλαδή η χρονολογική σειρά δεν επηρεάζεται σημαντικά από την τάση, την κυκλικότητα ή την εποχικότητα, εξαιτίας του γεγονότος ότι προσαρμόζονται ικανοποιητικά στις αλλαγές του επιπέδου(level) της τελευταίας. Επιπλέον οι μέθοδοι εξομάλυνσης είναι εύκολοι στη χρήση τους και γενικά παρέχουν υψηλό επίπεδο ακρίβειας, όταν πρόκειται για βραχυπρόθεσμες προβλέψεις, όπως για παράδειγμα προβλέψεις για την επόμενη περίοδο. Μία από τις μεθόδους εξομάλυνσης, η εκθετική, προϋποθέτει κάποιον ελάχιστο αριθμό δεδομένων και για το λόγο αυτόν αποτελεί καλή μέθοδο όταν οι προβλέψεις αφορούν μεγάλους όγκους προϊόντων (Anderson, Sweeney and Williams, 2003 σελ. 735-736).

Μια άλλη μέθοδος εξομάλυνσης είναι η **μέθοδος του κινητού μέσου**, η οποία χρησιμοποιεί το μέσο όρο των τιμών  $N$  πιο πρόσφατων δεδομένων στη χρονολογική σειρά, για να γίνει η πρόβλεψη για την επόμενη περίοδο. Μαθηματικά ισχύει ότι ο κινητός μέσος ισούται με το κλάσμα του αθροίσματος των  $N$  πιο πρόσφατων

δεδομένων τιμών προς τον αριθμό των δεδομένων τιμών  $N$ . Ο όρος κινητός δείχνει, ότι καθώς πραγματοποιούνται νέες παρατηρήσεις της ζήτησης, αυτά τα νέα δεδομένα αντικαθιστούν τα παλαιότερα στην παραπάνω μαθηματική εξίσωση και υπολογίζεται ξανά ο νέος μέσος όρος. Ως αποτέλεσμα, ο μέσος όρος θα αλλάξει, σύμφωνα με τις νέες παρατηρήσεις της ζήτησης.

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

Στη μέθοδο του κινητού μέσου, κάθε παρατήρηση λαμβάνει στους υπολογισμούς την ίδια βαρύτητα. Αντιθέτως όταν χρησιμοποιείται η μέθοδος του σταθμισμένου κινητού μέσου, κάθε παρατήρηση λαμβάνει διαφορετική βαρύτητα και υπολογίζεται ο σταθμισμένος μέσος όρος των  $N$  πιο πρόσφατων τιμών της ζήτησης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η πιο πρόσφατη τιμή έχει τη μεγαλύτερη βαρύτητα και η βαρύτητα μειώνεται για τις παλαιότερες παρατηρήσεις (Anderson, Sweeney and Williams, 2003 σελ. 738-739).

Στην εκθετική εξομάλυνση χρησιμοποιείται ένας σταθμισμένος μέσος όρος των τιμών των χρονολογικών σειρών κατά τη διάρκεια της πρόβλεψης. Αποτελεί μία ειδική περίπτωση της μεθόδου του σταθμισμένου κινητού μέσου όρου, κατά την οποία επιλέγεται μόνο μία βαρύτητα, που είναι εκείνη της πιο πρόσφατης παρατήρησης. Οι βαρύτητες για τις υπόλοιπες τιμές των δεδομένων υπολογίζονται αυτόματα και λαμβάνουν ολοένα και μικρότερες τιμές καθώς οι παρατηρήσεις κινούνται προς το παρελθόν. Το βασικό **εκθετικό μοντέλο εξομάλυνσης** είναι:

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

Όπου

$F_{t+1}$  = πρόβλεψη της χρονικής σειράς για την περίοδο  $t + 1$

$Y_t$  = πραγματική τιμή της χρονικής σειράς στην περίοδο  $t$

$F_t$  = πρόβλεψη της χρονικής σειράς για την περίοδο  $t$

$\alpha$  = σταθερά εξομάλυνσης ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )

Η παραπάνω εξίσωση δείχνει ότι η πρόβλεψη για την περίοδο  $t+1$  είναι ένας σταθμισμένος μέσος όρος της πραγματικής τιμής στην περίοδο  $t$  και της πρόβλεψης για την περίοδο  $t$ . Η βαρύτητα που αποδίδεται στην πραγματική τιμή στην περίοδο  $t$

είναι  $\alpha$  και η βαρύτητα που δίνεται στην πρόβλεψη για την περίοδο  $t$  είναι  $1-\alpha$ . εύκολα αποδεικνύεται ότι με τη μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης, η πρόβλεψη για οποιαδήποτε περίοδο είναι επίσης ένας σταθμισμένος μέσος όρος όλων των προηγούμενων πραγματικών τιμών για τις χρονολογικές σειρές, με τη χρονολογική σειρά να αποτελείται από τρεις περιόδους δεδομένων, τις  $Y_1$ ,  $Y_2$  και  $Y_3$  παρά το γεγονός ότι η μέθοδος της εκθετικής εξομάλυνσης παρέχει μία πρόβλεψη που είναι ο σταθμισμένος μέσος όρος όλων των περασμένων παρατηρήσεων, δε χρειάζεται να αποθηκευτούν όλα τα περασμένα δεδομένα για να υπολογιστούν οι προβλέψεις για την επόμενη περίοδο. Στην πραγματικότητα, από τη στιγμή που επιλεχθεί η σταθερά εξομάλυνσης  $\alpha$ , απαιτούνται μόνο δύο ειδών πληροφορίες για να γίνει η πρόβλεψη. Η παραπάνω εξίσωση δείχνει ότι γνωρίζοντας το  $\alpha$ , μπορούμε να υπολογίσουμε την πρόβλεψη για την περίοδο  $t+1$ , αλλά και μόνο γνωρίζοντας την πραγματική ζήτηση και την προβλεπόμενη μέσω της μεθόδου της χρονολογικής σειράς για την περίοδο (δηλαδή τα  $Y_t$  και  $F_t$ ).

#### 2.4.2 Χρήση της μεθόδου της προβολής της τάσης (Trend Projection) για προβλέψεις

Όπως προαναφέρθηκε στην κατηγορία των μεθόδων των χρονολογικών σειρών ανήκει και η μέθοδος της προβολής της τάσης. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται όταν επιθυμούμε να προβλέψουμε τις τιμές της ζήτησης, όταν αυτή κατά το παρελθόν ακολουθεί μια μακροχρόνια γραμμική τάση, είτε αυξητική είτε μειωτική. Για μια γραμμική τάση, οι εκτιμήσεις για τον όγκο των πωλήσεων προκύπτουν απ' την ακόλουθη εξίσωση (Anderson, Sweeney and Williams, 2003 σελ.745).

$$T_t = b_0 + b_1 t$$

Όπου

$T_t$  = τιμή της τάσης των πωλήσεων στην περίοδο  $t$

$b_0$  = σημείο τομής της ευθείας της τάσης με τον άξονα  $yy'$

$b_1$  = κλίση της γραμμής της τάσης

Για τον υπολογισμό των  $b_0$  και  $b_1$  χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι τύποι :

$$b_1 = [ \Sigma t Y_t - (\Sigma t \Sigma Y_t) / n ] / [ \Sigma t^2 - (\Sigma t)^2 / n ]$$

$$b_0 = X - b_1 L$$

όπου

$Y_t$  = η πραγματική τιμή της χρονικής σειράς της περιόδου  $t$

$n$  = αριθμός των περιόδων

$X$  = ο μέσος όρος της τιμής της χρονικής σειράς, δηλαδή  $\Sigma Y_t / n$

$L$  = μέσος όρος του  $t$ , δηλαδή  $\Sigma t / n$

### 2.4.3 Χρήση των στοιχείων της τάσης και της εποχικότητας στην πρόβλεψη

Η τρίτη κατηγορία των μεθόδων χρονολογικής σειράς είναι η πρόβλεψη της τάσης προσαρμοσμένη στην επίδραση της εποχικότητας. Σε αυτήν την περίπτωση προβλέψεων περιλαμβάνονται και το συστατικό της τάσης και το συστατικό της εποχικότητας. Πολλές καταστάσεις στο εμπόριο και στην οικονομική επιστήμη περιλαμβάνουν συγκρίσεις από περίοδο σε περίοδο. Για παράδειγμα, μπορεί να αποτελεί σημαντικό παράγοντα για εμάς το γεγονός ότι η ανεργία είναι αυξημένη κατά 2% σε σχέση με τον προηγούμενο μήνα, ή ότι η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι χαμηλότερη κατά 3% σε σχέση με τον προηγούμενο μήνα. Ωστόσο θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην εξέταση και στην χρήση αυτών των πληροφοριών, καθώς υπεισέρχεται και ο παράγοντας της εποχικότητας, ο οποίος μπορεί να επηρεάζει τόσο την ανεργία, όσο και την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας (Anderson, Sweeney and Williams, 2003 σελ.747-748).

Η απομάκρυνση του παράγοντα της εποχικότητας από μία χρονολογική σειρά είναι γνωστή ως αποεποχικοποίηση (deseasonalizing) της χρονολογικής σειράς. Αφού επιτευχθεί αυτό, τότε μόνο οι συγκρίσεις μεγεθών που αφορούν δύο διαφορετικές περιόδους αποκτούν νόημα και μπορούν να συνεισφέρουν στον προσδιορισμό της ύπαρξης ή όχι κάποιας τάσης. Όταν λοιπόν επιθυμούμε να κάνουμε προβλέψεις της μελλοντικής ζήτησης κάποιου προϊόντος που επηρεάζεται και από τους δύο αυτούς παράγοντες, τότε το πρώτο βήμα είναι να υπολογίσουμε τους δείκτες εποχικότητας, ώστε να τους χρησιμοποιήσουμε για να αποεποχικοποιήσουμε (deseasonalize) τα δεδομένα. Έπειτα, αν είναι εμφανής μία τάση στα αποεποχικοποιημένα δεδομένα, χρησιμοποιείται η ανάλυση παλινδρόμησης για να προσδιορισθεί η τάση. Εκτός όμως από το συστατικό της τάσης  $T$ , το συστατικό της εποχικότητας  $S$  και το συστατικό της κυκλικότητας  $C$ , υποθέτουμε ότι υπάρχει και το συστατικό της αταξίας  $I$ .

Όπως έχει προαναφερθεί στο συστατικό  $I$  αποδίδονται οι τυχαίοι παράγοντες που επηρεάζουν τις πωλήσεις και οι οποίοι δεν εξηγούνται από την τάση, την εποχικότητα και την κυκλικότητα των πωλήσεων. Σε αυτήν την περίπτωση η πραγματική τιμή  $Y_t$  της ζήτησης της χρονολογικής σειράς για την περίοδο  $t$ , περιγράφεται από ένα πολλαπλασιαστικό μοντέλο χρονολογικής σειράς, που έχει τη μορφή  $Y_t = T_t * S_t * I_t$  όπου  $T_t$ ,  $S_t$  και  $I_t$  τα συστατικά της τάσης, της εποχικότητας

και της αταξίας αντίστοιχα. Αν θέλουμε να συμπεριλάβουμε και το συστατικό της εποχικότητας  $C_t$  τότε η παραπάνω εξίσωση γίνεται  $Y_t = T_t * S_t * I_t * C_t$ .

## 2.5 Αιτιώδεις μέθοδοι πρόβλεψης

Μέχρι τώρα αναφερθήκαμε στις μεθόδους πρόβλεψης των χρονολογικών σειρών. Εκτός όμως από αυτές τις μεθόδους, στην κατηγορία των ποσοτικών μεθόδων ανήκουν και οι αιτιώδεις μέθοδοι, εκ των οποίων η σημαντικότερη είναι η ανάλυση της παλινδρόμησης. Αυτή η ανάλυση είναι μία στατιστική τεχνική που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναπτυχθεί μια μαθηματική εξίσωση, η οποία δείχνει πως συνδέονται δύο ή περισσότερες μεταβλητές. Η μεταβλητή για την οποία γίνεται η πρόβλεψη ονομάζεται εξαρτημένη μεταβλητή και η μεταβλητή που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής ονομάζεται ανεξάρτητη. Η μέθοδος της παλινδρόμησης, που εξετάζει τη σχέση μίας ανεξάρτητης και μίας εξαρτημένης μεταβλητής, των οποίων η σχέση προσεγγίζεται από μια ευθεία γραμμή, ονομάζεται απλή γραμμική παλινδρόμηση (Anderson, Sweeney and Williams, 2003 σελ.756-757). Έστω λοιπόν ότι με  $x$  παριστάνονται οι διαφημιστικές δαπάνες μιας επιχείρησης (ανεξάρτητη μεταβλητή) και με  $y$  οι πωλήσεις ενός προϊόντος της (εξαρτημένη μεταβλητή), τότε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων η εξίσωση παλινδρόμησης θα είναι :

$$y = b_0 + b_1x$$

όπου

$y$  = η πρόβλεψη της τιμής

$b_0$  = σημείο τομής της εξίσωσης παλινδρόμησης με τον άξονα  $yy'$

$b_1$  = κλίση της εξίσωσης παλινδρόμησης

$x$  = τιμή των διαφημιστικών δαπανών

Έχοντας δεδομένα για τις διαφημιστικές δαπάνες και για τις πωλήσεις προηγούμενων ετών, υπολογίζουμε τα  $b_0$  και  $b_1$  μέσω των τύπων

$$b_1 = \left[ \sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n} \right] / \left[ \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n} \right]$$

$$b_0 = y_\mu - b_1 x_\mu$$

όπου

$x_i$  = η τιμή των διαφημιστικών δαπανών

$y_i$  = η τιμή των πωλήσεων για την  $i$  παρατήρηση

$x_\mu$  = η μέση τιμή των διαφημιστικών δαπανών

$y_\mu$  = η μέση τιμή των πωλήσεων

$n$  = συνολικός αριθμός των παρατηρήσεων

Στη συνέχεια αντικαθίστανται οι τιμές των  $b_0$  και  $b_1$  στην εξίσωση  $y = b_0 + b_1 x$ . Συνεπώς από την προκύπτουσα εξίσωση είναι δυνατόν να υπολογιστούν οι πωλήσεις για δεδομένες διαφημιστικές δαπάνες.

## 2.6 Ποιοτικές μέθοδοι πρόβλεψης της ζήτησης

Παραπάνω αναφερθήκαμε διεξοδικά σε διάφορες ποσοτικές μεθόδους πρόβλεψης. Οι περισσότερες από αυτές τις τεχνικές απαιτούν την ύπαρξη ιστορικών δεδομένων για τη ζήτηση κάποιου συγκεκριμένου προϊόντος. Εκτός αυτού, ακόμη και αν υπάρχουν δεδομένα για τις προηγούμενες πωλήσεις, μία σημαντική αλλαγή στο εξωτερικό ή στο εσωτερικό περιβάλλον μιας επιχείρησης είναι ικανή να επηρεάσει τις μεθόδους των χρονολογικών σειρών και να θέσει υπό αμφισβήτηση τη χρήση των περασμένων δεδομένων για την πραγματοποίηση προβλέψεων της μελλοντικής ζήτησης. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι ποιοτικές μέθοδοι παρέχουν μια εναλλακτική λύση (Anderson, Sweeney and Williams, 2003 σελ.763-764).

Μία από τις μεθόδους αυτές είναι η μέθοδος των Δελφών. Συνήθως η εφαρμογή της διαδικασίας αυτής ξεκινά με τη συγκέντρωση διαφόρων ειδικών, οι οποίοι είναι άγνωστοι μεταξύ τους, οι οποίοι διαχωρίζονται φυσικά μέσα στο χώρο συγκέντρωσης και ερωτώνται γύρω από μια σειρά θεμάτων διαφόρων ερωτηματολογίων. Οι απαντήσεις του πρώτου ερωτηματολογίου συνοψίζονται και χρησιμοποιούνται για να ετοιμαστεί ένα δεύτερο ερωτηματολόγιο που περιέχει πληροφορίες και απόψεις ολόκληρης της ομάδας. Κάθε μέλος της ομάδας καλείται να ξανασκεφτεί και πιθανότατα να αναθεωρήσει την προηγούμενη απάντησή του, υπό το φως των πληροφοριών που του παρέχονται. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται έως ότου ο συντονιστής αισθανθεί ότι ως ένα βαθμό έχει επιτευχθεί ομοφωνία. Στόχος αυτής της μεθόδου δεν είναι να παράγει μια απλή απάντηση, αλλά μία σχετικά μικρή διασπορά απόψεων διαφόρων ειδικών γύρω από κάποιο θέμα, όπως για παράδειγμα η μελλοντική ζήτηση.

Όπως προαναφέρθηκε υπάρχουν τρεις ακόμη ποιοτικές μέθοδοι προβλέψεων, η μέθοδος της κρίσης του ειδικού, της γραφής σεναρίου και η μέθοδος των διαισθητικών προσεγγίσεων. Στην πρώτη περίπτωση οι προβλέψεις της μελλοντικής ζήτησης βασίζονται στην κρίση ενός ειδικού και χρησιμοποιείται όταν οι συνθήκες που επικρατούσαν στο παρελθόν είναι πολύ πιθανό να μην ισχύουν στο μέλλον. Στη



δεύτερη περίπτωση η πρόβλεψη στηρίζεται στην ανάπτυξη ενός φανταστικού σεναρίου για το μέλλον, βασισμένο σε ένα σύνολο υποθέσεων. Διαφορετικά σύνολα υποθέσεων οδηγούν σε διαφορετικά σενάρια. Η δουλειά του λήπτη των αποφάσεων είναι να αποφασίσει πόσο πιθανό είναι το κάθε σενάριο και στη συνέχεια να λάβει τις καλύτερες αποφάσεις. Τέλος, στην τρίτη περίπτωση οι διαισθητικές προσεγγίσεις βασίζονται στην ικανότητα του ανθρώπινου μυαλού να επεξεργάζεται πληροφορίες που είναι αδύνατο να ποσοτικοποιηθούν.

Σε πολλές περιπτώσεις είναι δύσκολο για μία επιχείρηση να αποφασίσει ποια μέθοδο πρόβλεψης θα πρέπει να χρησιμοποιήσει. Στην πραγματικότητα πολλές μελέτες έδειξαν ότι είναι αποδοτικότερο να χρησιμοποιούνται μέθοδοι από όλες τις κατηγορίες και στη συνέχεια μέσα από το συνδυασμό των προβλέψεων που προέκυψαν, να καταλήγουν οι εταιρείες στην τελική πρόβλεψη. Ωστόσο όταν μία εταιρεία χρησιμοποιεί ιστορικά δεδομένα πωλήσεων για να προβλέψει τη μελλοντική ζήτηση, τότε η καταλληλότερη μέθοδος είναι αυτή των χρονολογικών σειρών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: Συγκεντρωτικός Προγραμματισμός (Aggregate Planning)

### 3.1 Ο ρόλος του συνολικού σχεδιασμού στην εφοδιαστική αλυσίδα

Στη σημερινή εποχή ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο για το σχεδιασμό της εφοδιαστικής αλυσίδας, διαδραματίζουν ο χρόνος παράδοσης και η δυναμικότητα, είτε αναφερόμαστε στην παραγωγή, είτε στην αποθήκευση, είτε ακόμη και στην πληροφόρηση. Επομένως, οι εταιρείες θα πρέπει να λαμβάνουν αποφάσεις σχετικές με τα επίπεδα δυναμικότητας και με τον τρόπο αυτό που θα εκμεταλλεύονται τη δυναμικότητά τους. Κάθε εταιρεία είναι υποχρεωμένη να προβλέπει τη ζήτηση και να καθορίζει το πώς θα την ικανοποιήσει. Κάτι τέτοιο όμως δεν είναι εύκολο, καθώς πολλά είναι τα ερωτήματα που προκύπτουν. Ένα τέτοιο ερώτημα είναι το εξής: θα πρέπει μια εταιρεία να επενδύσει στην κατασκευή εργοστασίου με μεγάλη δυναμικότητα, ώστε να ικανοποιεί τη ζήτηση ακόμα και τις περιόδους υψηλής απασχόλησης ή είναι προτιμότερο να κατασκευάσει εργοστάσιο χαμηλότερης δυναμικότητας και να αυξήσει το κόστος διατήρησης αποθεμάτων κατά τη διάρκεια περιόδων με χαμηλή ζήτηση, ώστε να ικανοποιήσει τη ζήτηση επόμενων μηνών; Αυτού του είδους οι ερωτήσεις λοιπόν, απαντώνται μέσα από το συνολικό σχεδιασμό (Chopra and Meindl, 2001 σελ 102):

- Ρυθμό παραγωγής, τον αριθμό των κομματιών που θα πρέπει να έχουν παραχθεί ανά χρονική μονάδα
- Εργατικό δυναμικό, τον αριθμό των εργατών προς τις μονάδες που θα πρέπει να παραχθούν σύμφωνα με το πρόγραμμα παραγωγής
- Υπερωρίες, το μέγεθος των υπερωριών σύμφωνα με το πρόγραμμα παραγωγής
- Το επίπεδο δυναμικότητας των μηχανών, τον αριθμό των μονάδων που θα πρέπει να επεξεργάζεται η κάθε μηχανή, ώστε να ικανοποιείται το πρόγραμμα παραγωγής
- Υπεργολαβίες, τη δυναμικότητα που απαιτείται να καλυφθεί με υπεργολαβία για τον προσχεδιασμένο χρονικό ορίζοντα

- Σωρό καθυστερημένης δουλειάς (backlog), τη ζήτηση που δεν ικανοποιείται την περίοδο που προκύπτει και κατά συνέπεια μεταφέρεται για επόμενες περιόδους
- Διαθέσιμα αποθέματα, τα προκαθορισμένα αποθέματα που μεταφέρονται σε διάφορες περιόδους μέσα στο προσχεδιασμένο χρονικό ορίζοντα.

Συνεπώς, ο συνολικός σχεδιασμός αποτελεί ένα ευρύ προσχέδιο για τις μετέπειτα λειτουργίες και καθορίζει τις παραμέτρους μέσω των οποίων λαμβάνονται αποφάσεις σχετικά με τη βραχυπρόθεσμη παραγωγή και διανομή. Επιπλέον επιτρέπει στην εφοδιαστική αλυσίδα να αλλάζει την κατανομή των δυναμικοτήτων (capacity allocations) και τα συμβόλαια των προμηθειών. Όπως έχει προαναφερθεί, ολόκληρη η εφοδιαστική αλυσίδα θα πρέπει να συντονίζει τη διαδικασία σχεδιασμού. Αν ένας κατασκευαστής έχει σχεδιάζει να αυξήσει την παραγωγή του για μία δεδομένη περίοδο, ο προμηθευτής, ο μεταφορέας και ο υπεύθυνος των αποθηκών, θα πρέπει να είναι ενήμεροι γύρω από αυτό το πλάνο για να ενσωματώσουν την αύξηση αυτή στα δικά τους προγράμματα. Το ιδανικό θα ήταν, όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας να μπορούσαν να δουλέψουν με βάση ένα συνολικό σχέδιο που θα βελτιστοποιούσε την απόδοσή τους ως μια ολοκληρωμένη οντότητα. Αν κάθε σχέδιο αναπτύσσει το δικό του συνολικό σχέδιο, είναι εξαιρετικά απίθανο όλα τα σχέδια να εναρμονίζονται με ένα συντονισμένο τρόπο. Για το λόγο αυτών, είναι σημαντικό να σχεδιάζονται συνολικά (aggregate) πλάνα με βάση ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα και όχι με βάση τη λειτουργία του κάθε σταδίου της ξεχωριστά.

### 3.2 Το πρόβλημα του συνολικού προγραμματισμού

Ο στόχος του συνολικού προγραμματισμού μιας εταιρείας, είναι να ικανοποιήσει τη ζήτηση αγοράς με τέτοιο τρόπο που να μεγιστοποιείται το κέρδος για αυτήν.

Αφού γίνει λοιπόν η πρόβλεψη της ζήτησης για κάθε περίοδο του χρονικού ορίζοντα που ενδιαφέρει την εταιρεία, στη συνέχεια μέσω του συνολικού προγραμματισμού καθορίζεται το μέγεθος της παραγωγής, το επίπεδο των αποθεμάτων και το επίπεδο της δυναμικότητας κάθε περιόδου που μεγιστοποιεί τα κέρδη της εταιρείας για ένα συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα.

Για να ετοιμαστεί ένα τέτοιο πλάνο, η εταιρεία πρέπει να προσδιορίσει τον χρονικό ορίζοντα ισχύς του. Ένας χρονικός ορίζοντας προγραμματισμού είναι το διάστημα κατά το οποίο ο συνολικός προγραμματισμός πρέπει να παράγει μία λύση και συνήθως αυτή η περίοδος κυμαίνεται μεταξύ 3 και 18 μηνών. Μια επιχείρηση πρέπει επίσης να διευκρινίζει τη διάρκεια κάθε περιόδου μέσα στον ορίζοντα προγραμματισμού, για παράδειγμα τις βδομάδες ή τους μήνες. Γενικά, ο συνολικός προγραμματισμός της παραγωγής πραγματοποιείται είτε κατά μήνα είτε κατά τρίμηνο ή τετράμηνο ( ο χρόνος διαιρείται σε 3 ή 4 περιόδους). Έπειτα, μια επιχείρηση διευκρινίζει τις βασικές πληροφορίες που απαιτούνται για την παραγωγή του συνολικού σχεδιασμού και τις αποφάσεις που θα πρέπει να πάρει μέσα από αυτόν.

Ο συνολικός προγραμματισμός απαιτεί τις παρακάτω πληροφορίες (Chopra and Meindl. 2001 σελ. 103-104):

- Η πρόβλεψη της ζήτησης  $F_t$  για κάθε χρονική περίοδο  $t$  του ορίζοντα προγραμματισμού που επεκτείνεται σε διάρκεια πάνω από  $T$  περιόδους.
- Δαπάνες παραγωγής
  - Δαπάνες εργασίας, κανονικός χρόνος (€ ανά ώρα) και δαπάνες υπερωριών (€ ανά ώρα)
  - Κόστος υπεργολαβίας για την παραγωγή (€ ανά μονάδα ή € ανά ώρα)
  - Κόστος μεταβολής παραγωγικής δυναμικότητας, συγκεκριμένα, κόστος εργατικού δυναμικού (€ ανά εργάτη) και κόστος μηχανών (€ ανά μηχανή)
- Ώρες εργασίας/μηχανήματα που απαιτούνται ανά μονάδα
- Κόστος εκμετάλλευσης αποθεμάτων (€ ανά μονάδα ή ανά περίοδο)
- Απόθεμα ή κόστος ανεκτέλεστων παραγγελιών (€ ανά μονάδα ή ανά περίοδο)
- Περιορισμοί
  - Περιορισμοί στις υπερωρίες
  - Περιορισμοί στις προσωρινές απολύσεις
  - Περιορισμοί στο διαθέσιμο κεφάλαιο
  - Περιορισμοί στο απόθεμα και τις ανεκτέλεστες παραγγελίες

Αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν ένα συνολικό σχέδιο προγραμματισμού, το οποίο βοηθά στη συνέχεια μια επιχείρηση να κάνει τους ακόλουθους προσδιορισμούς

- **Παραγόμενη ποσότητα κατά την κανονική διάρκεια παραγωγής, από υπερωρίες, και από εργολαβίες.** Χρησιμοποιείται για να καθορίσει τον αριθμό των εργαζομένων και των προμηθευτών.
- **Διατήρηση αποθεμάτων.** Χρησιμοποιείται για να καθορίσει πόσος χώρος απαιτείται στις αποθήκες καθώς και πόσοι εργαζόμενοι πρέπει να απασχολούνται.
- **Ποσότητα ανεκτέλεστης παραγγελίας.** Χρησιμοποιείται για να καθορίσει ποια θα είναι τα επίπεδα εξυπηρέτησης των πελατών.
- **Προσλήψεις και απολύσεις εργατικού δυναμικού.** Χρησιμοποιείται για να καθορίσει οποιαδήποτε ζητήματα εργασίας απαιτούνται.
- **Αύξηση / μείωση παραγωγικής δυναμικότητας μηχανών.** Χρησιμοποιείται για να καθορίσει εάν ο νέος εξοπλισμός παραγωγής πρέπει να αγοραστεί.

Η ποιότητα του συνολικού προγραμματισμού παραγωγής ασκεί σημαντική επίδραση στην αποδοτικότητα μιας εταιρείας. Ένας πρόχειρος σχεδιασμός του συνολικού προγραμματισμού παραγωγής μπορεί να οδηγήσει σε χαμένες πωλήσεις και απολεσθέντα κέρδη εάν τα διαθέσιμα αποθέματα, η τα παραγόμενα προϊόντα δεν είναι σε θέση να ικανοποιήσουν την ζήτηση. Επίσης ένας πρόχειρος σχεδιασμός του συνολικού προγράμματος παραγωγής μπορεί να οδηγήσει σε ένα μεγάλο ποσό πλεοναζόντων αποθεμάτων και παραγόμενων προϊόντων αυξάνοντας τις δαπάνες. Επομένως, ο συνολικός προγραμματισμός είναι ένα πολύ σημαντικό εργαλείο το οποίο βοηθάει μια επιχείρηση να μεγιστοποιήσει την αποδοτικότητά της.

### 3.3 Η φύση του συνολικού προγραμματισμού

Ο συνολικός προγραμματισμός παραγωγής είναι ο συνδυασμός των κατάλληλων πόρων. Λαμβάνοντας υπόψη την πρόβλεψη της ζήτησης, την παραγωγική δυναμικότητα, τα γενικά επίπεδα αποθεμάτων, το μέγεθος του εργατικού δυναμικού και τις σχετικές εισαγωγές, ο διευθυντής παραγωγής πρέπει να επιλέξει το ποσοστό παραγωγής βάση της παραγωγικής δυναμικότητας της επιχείρησης κατά τη διάρκεια των επόμενων 3 έως 18 μηνών.

Ο συνολικός προγραμματισμός είναι μέρος ενός μεγαλύτερου συστήματος προγραμματισμού παραγωγής, επομένως είναι χρήσιμη η κατανόηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ του προγραμματισμού και των εσωτερικών ή εξωτερικών παραγόντων. Οι διευθυντές παραγωγής λαμβάνουν πληροφορίες για την πρόβλεψη της ζήτησης από το τμήμα μάρκετινγκ, αλλά πρέπει επίσης να εξετάσουν και τα οικονομικά στοιχεία, το προσωπικό, την παραγωγική δυναμικότητα και τη διαθεσιμότητα των πρώτων υλών. Σε ένα κατασκευαστικό περιβάλλον, το κύριο

πρόγραμμα παραγωγής παρέχει πληροφορίες για τις απαιτήσεις υλικών, προγραμματίζοντας τα συστήματα (MRP), τα οποία εξετάζουν την προμήθεια ή την παραγωγή των υλικών ή των συστατικών που απαιτούνται για να παραχθεί το τελικό προϊόν.

### 3.4 Οι στρατηγικές του συνολικού προγραμματισμού

Ο συνολικός προγραμματισμός πρέπει να κάνει μια σύγκριση του κόστους μεταξύ της παραγωγικής δυναμικότητας των αποθεμάτων και των ανεκτέλεστων παραγγελιών. Ο συνολικός προγραμματισμός όταν μειώνει μια από αυτές τις δαπάνες οδηγεί χαρακτηριστικά σε μια αύξηση των άλλων δύο. Από αυτή την άποψη, οι δαπάνες αντιπροσωπεύουν μια «ανταλλαγή»: Παραδείγματος χάριν, για να μειώσουμε το κόστος αποθεμάτων πρέπει να αυξήσουμε το κόστος της παραγωγικής δυνατότητας, ή το κόστος των ανεκτέλεστων παραγγελιών. Κατά συνέπεια, ο αρμόδιος για το σχεδιασμό έχει μετασχηματίσει είτε το κόστος αποθεμάτων, είτε την παραγωγική δυναμικότητα, είτε το κόστος των ανεκτέλεστων παραγγελιών. Ο στόχος του συνολικού προγραμματισμού είναι η επίτευξη του πιο κερδοφόρου αποτελέσματος. Δεδομένου ότι οι απαιτήσεις ποικίλλουν με το χρόνο, το σχετικό επίπεδο των τριών δαπανών οδηγεί σε ένα αποτέλεσμα που είναι ο βασικός μοχλός των αρμόδιων του προγραμματισμού ώστε να μεγιστοποιούνται τα κέρδη. Εάν το κόστος της ποικίλης παραγωγικής δυνατότητας είναι χαμηλό, δεν συμφέρει την επιχείρηση να δημιουργήσει αποθέματα κατά τη διάρκεια των χαμηλών περιόδων ζήτησης ή να εκπληρώσει τις ανεκτέλεστες παραγγελίες. Αντίθετα εάν το κόστος της ποικίλης παραγωγικής δυνατότητας είναι υψηλό, τότε συμφέρει την επιχείρηση να αντισταθμίσει με την δημιουργία κάποιου αποθέματος και τη μεταφορά μέρους των ανεκτέλεστων παραγγελιών από τις περιόδους μεγάλης ζήτησης, στις χαμηλής περιόδου ζήτησης.

Γενικά, οι βασικοί μετασχηματισμοί που είναι διαθέσιμοι στον αρμόδιο για το σχεδιασμό είναι μεταξύ των εξής:

- Παραγωγική δυναμικότητα (κανονικός χρόνος παραγωγής, υπερωρίες, υπεργολαβίες)
- Αποθέματα
- Ανεκτέλεστες παραγγελίες / χαμένες πωλήσεις

Υπάρχουν ουσιαστικά 3 διακριτές στρατηγικές σχεδιασμού του συνολικού πλάνου για την επίτευξη ισορροπίας μεταξύ αυτών των σκοπών. Αυτές οι στρατηγικές περιλαμβάνουν αντισταθμίσιμα ανάμεσα στην επένδυση κεφαλαίου, το

μέγεθος του εργατικού δυναμικού, των ωρών εργασίας, των αποθεμάτων και του κλάσματος της ζήτησης που θα ικανοποιηθεί στο μέλλον προς τις χαμένες πωλήσεις. Τις περισσότερες φορές οι στρατηγικές που χρησιμοποιεί ένας σχεδιαστής, είναι ένας συνδυασμός των τριών στρατηγικών που περιγράφονται στη συνέχεια, και αναφέρονται ως **μικτές στρατηγικές** (mixed strategies) (Chopra and Meindl, 2001 σελ. 104-105).

1. **Κυνηγητική στρατηγική ή στρατηγική αυλακώματος, χρησιμοποιεί την παραγωγική δυνατότητα ως μοχλό.** Σε αυτήν την στρατηγική, το ποσοστό της παραγωγής συγχρονίζεται με το ποσοστό της ζήτησης ανάλογα με την παραγωγική δυνατότητα των μηχανών ή τις προσλήψεις και τις απολύσεις των υπαλλήλων καθώς το ποσοστό της ζήτησης ποικίλλει. Στην πράξη, η επίτευξη αυτού του συγχρονισμού είναι πολύ δύσκολη λόγω των προβλημάτων στην παραγωγική δυναμικότητα και στην εύρεση εργατικού δυναμικού για σύντομο χρονικό διάστημα. Αυτή η στρατηγική μπορεί να είναι ακριβή στην εφαρμογή της, εάν το κόστος της παραγωγικής δυναμικότητας των μηχανών κατά τη διάρκεια του χρόνου είναι υψηλό. Επίσης μπορεί να ασκήσει σημαντικά αρνητική επίδραση στο ηθικό του εργατικού δυναμικού. Η στρατηγική αυλακώματος οδηγεί την αλυσίδα ανεφοδιασμού σε χαμηλά επίπεδα αποθεμάτων και σε υψηλά επίπεδα μεταβολής της παραγωγικής δυναμικότητας και του εργατικού δυναμικού. Πρέπει να χρησιμοποιείται όταν το κόστος των αποθεμάτων είναι πολύ υψηλό και οι δαπάνες για την αλλαγή του επιπέδου της παραγωγικής δυναμικότητας και του εργατικού δυναμικού είναι χαμηλές.
2. **Χρονική ευελιξία του εργατικού δυναμικού ή στρατηγική ικανότητας, εκμεταλλεύεται τη χρησιμοποίηση του προσωπικού ως μοχλό.** Αυτή η στρατηγική μπορεί να χρησιμοποιηθεί εάν υπάρχει πλεονάζουσα δυναμικότητα μηχανών, δηλαδή εάν οι μηχανές δεν χρησιμοποιούνται 24 ώρες την ημέρα, ή επτά ημέρες την εβδομάδα. Σε αυτήν την περίπτωση, το εργατικό δυναμικό παραμένει αμετάβλητο, αλλά ο αριθμός των ωρών που εργάζονται είναι προσαυξημένος σε μια προσπάθεια να συγχρονιστεί η παραγωγή με την ζήτηση. Ο αρμόδιος για το σχεδιασμό μπορεί να χρησιμοποιήσει τα μεταβλητά ποσά των υπερωριών ή ένα εύκαμπτο προγραμματισμό για να επιτύχει αυτόν τον συγχρονισμό. Αν και αυτή η στρατηγική απαιτεί ότι το εργατικό δυναμικό είναι ευέλικτο, αποφεύγει

μερικά από τα προβλήματα που συνδέονται με τη στρατηγική του αυλακώματος, όπως, η αλλαγή στο μέγεθος του εργατικού δυναμικού. Αυτή η στρατηγική οδηγεί σε χαμηλά επίπεδα αποθέματος αλλά και σε χαμηλότερη μέση χρησιμοποίηση της παραγωγικής δυναμικότητας από ότι η στρατηγική του αυλακώματος. Πρέπει να χρησιμοποιείται όταν οι δαπάνες μεταφοράς αποθεμάτων είναι σχετικά υψηλές και η παραγωγική δυναμικότητα είναι σχετικά ανέξοδη.

3. **Στρατηγική επιπέδων, χρησιμοποιεί τα αποθέματα ως μογλό.** Με αυτήν την στρατηγική, μια σταθερή παραγωγική δυναμικότητα των μηχανών και του εργατικού δυναμικού, διατηρούν ένα σταθερό ποσοστό παραγωγής. Οι ελλείψεις ή τα πλεονάσματα είναι αυτά τα οποία προσδίδουν τα επίπεδα των αποθεμάτων τα οποία διαμορφώνονται κατά τη διάρκεια του χρόνου. Εδώ η παραγωγή δεν είναι συγχρονισμένη με την ζήτηση. Είτε τα αποθέματα ενισχύονται σε αναμονή της μελλοντικής ζήτησης, είτε οι ανεκτέλεστες παραγγελίες μεταφέρονται από την υψηλή στη χαμηλή περίοδο ζήτησης. Οι υπάλληλοι ωφελούνται από τις σταθερές συνθήκες εργασίας. Ένα μειονέκτημα που συνδέεται με αυτήν την στρατηγική είναι ότι τα μεγάλα αποθέματα και οι ανεκτέλεστες παραγγελίες μπορούν να συσσωρευτούν. Αυτή η στρατηγική κρατά την παραγωγική δυνατότητα και τις δαπάνες της μεταβαλλόμενης παραγωγικής δυνατότητας σχετικά χαμηλά. Πρέπει να χρησιμοποιείται όταν οι δαπάνες μεταφοράς αποθεμάτων και οι δαπάνες των ανεκτέλεστων παραγγελιών είναι σχετικά χαμηλές.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, στόχος του συνολικού προγραμματισμού είναι να μεγιστοποιήσει το κέρδος με την παράλληλη ικανοποίηση της ζήτησης. Κάθε εταιρεία, στην προσπάθειά της να ικανοποιήσει τη ζήτηση των πελατών της, αντιμετωπίζει συγκεκριμένους περιορισμούς, όπως είναι η δυναμικότητα των εγκαταστάσεων της ή του εργατικού της δυναμικού. Σε μια τέτοια περίπτωση ένα αρκετά αποτελεσματικό εργαλείο για κάθε εταιρεία, αποτελεί ο γραμμικός προγραμματισμός. Ο γραμμικός προγραμματισμός βρίσκει τη λύση που παρέχει το μέγιστο κέρδος, αλλά παράλληλα ικανοποιεί και τους περιορισμούς που αντιμετωπίζει η εταιρεία. Ένα μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού είναι ένα μαθηματικό μοντέλο το οποίο αποτελείται από μια γραμμική συνάρτηση η οποία



πρέπει να μεγιστοποιηθεί (εφόσον αναφερόμαστε σε κέρδος), από ένα σύνολο γραμμικών περιορισμών και από μεταβλητές που λαμβάνουν μη αρνητικές τιμές.

### 3.5 Μέθοδοι συνολικού προγραμματισμού

Κάποιες επιχειρήσεις, δεν εφαρμόζουν καμία από τις επίσημες διαδικασίες συνολικού προγραμματισμού. Χρησιμοποιούν το ίδιο σχέδιο προγραμματισμού από χρόνο σε χρόνο, διενεργώντας τις απαραίτητες προσαρμογές προς τα πάνω ή προς τα κάτω προκειμένου να εντοπίσουν επακριβώς τη νέα ζήτηση. Βέβαια αυτή η μέθοδος δεν παρέχει μεγάλη ευελιξία και εάν το αρχικό σχέδιο ήταν υπερβολικά αισιόδοξο, ολόκληρη η διαδικασία παραγωγής δε θα δώσει την βέλτιστη απόδοση.

Στη συνέχεια θα αναφέρουμε επιγραμματικά τη χρήση διάφορων τεχνικών διαδικασιών διοίκησης για την ανάπτυξη του πιο χρήσιμου και πιο κατάλληλου σχεδίου συνολικού προγραμματισμού. Οι διαδικασίες αυτές είναι, η ευρέως χρησιμοποιημένη μέθοδος ανάλυσης ιστορικών γεγονότων (ή γραφική μέθοδος), η προσέγγιση του συνολικού προγραμματισμού με τη χρήση του γραμμικού προγραμματισμού, ως μια σειρά πιο εξειδικευμένων και επίσημων μαθηματικών προσεγγίσεων.

#### 3.5.1 Γραφικές μέθοδοι και μέθοδοι ανάλυσης με ιστορικά στοιχεία (Graphical and Charting Methods)

Οι γραφικές μέθοδοι και οι μέθοδοι ανάλυσης με ιστορικά στοιχεία είναι δημοφιλείς επειδή είναι εύκολο να κατανοηθούν και να χρησιμοποιηθούν. Βασικά, αυτές οι μέθοδοι προγραμματισμού, λειτουργούν κάθε φορά με την χρήση μερικών μεταβλητών έτσι ώστε, να επιτρέπει στους αρμόδιους για τον σχεδιασμό του προγραμματισμού, να συγκρίνουν την προβαλλόμενη ζήτηση με την υπάρχουσα παραγωγική δυναμικότητα. Παρ' όλα αυτά, είναι λανθασμένες πειραματικές προσεγγίσεις που δεν εγγυώνται ένα βέλτιστο σχέδιο παραγωγής αλλά, είναι δημοφιλείς επειδή απαιτούν μόνο περιορισμένους υπολογισμούς οι οποίοι μπορούν να εκτελεστούν ακόμα και από τους υπαλλήλους της επιχείρησης.

Γενικά, οι γραφικές μέθοδοι ακολουθούν πέντε βήματα (Heizer & Render, *Production & Operations Management*, σελ. 699):

1. Καθορισμός της ζήτησης σε κάθε χρονική περίοδο.

2. Καθορισμός της παραγωγικής δυναμικότητας για την κάθε χρονική περίοδο παραγωγής, συμπεριλαμβανομένης της κανονικής χρονικής περιόδου εργασίας, των υπερωριών και τις υπεργολαβίες.

3. Εντοπισμός των εργασιακών δαπανών, δαπάνες πρόσληψης και απόλυσης προσωπικού, καθώς και τις δαπάνες εκμετάλλευσης αποθεμάτων.

4. Εξέταση της επιχειρησιακής πολιτικής που μπορεί να ισχύσει για τους εργαζομένους ή για τα επίπεδα αποθεμάτων.

5. Ανάπτυξη εναλλακτικών σχεδίων προγραμματισμού και εξέταση των συνολικών δαπανών τους.

## Παράδειγμα

Ένας επιχειρηματίας, στην πόλη Σουαρέ του Μεξικού, που κατασκευάζει είδη στεγάστρων, ανέπτυξε μηνιαίες προβλέψεις για ένα σημαντικό προϊόν και παρουσίασε ένα πρόγραμμα με διάρκεια περιόδου 6 μηνών (Ιανουάριος – Ιούνιος):

Μήνας	Προβλεπόμενη ζήτηση	Ημέρες παραγωγής	Ημερήσια ζήτηση
Ιανουάριος	900	22	41
Φεβρουάριος	700	18	39
Μάρτιος	800	21	38
Απρίλιος	1200	21	57
Μάιος	1500	22	68
Ιούνιος	1100	20	55
<b>Σύνολο</b>	<b>6200</b>	<b>124</b>	

Η ημερήσια ζήτηση υπολογίζεται διαιρώντας την προβλεπόμενη ζήτηση με τον αριθμό των ημερών παραγωγής κάθε μήνα.

Για να επεξηγήσει την φύση του προβλήματος του συγκεντρωτικού προγραμματισμού, η επιχείρηση σχεδιάζει ένα γράφημα που παρουσιάζει την ημερήσια ζήτηση κάθε μήνα. Η διακεκομμένη γραμμή του γραφήματος

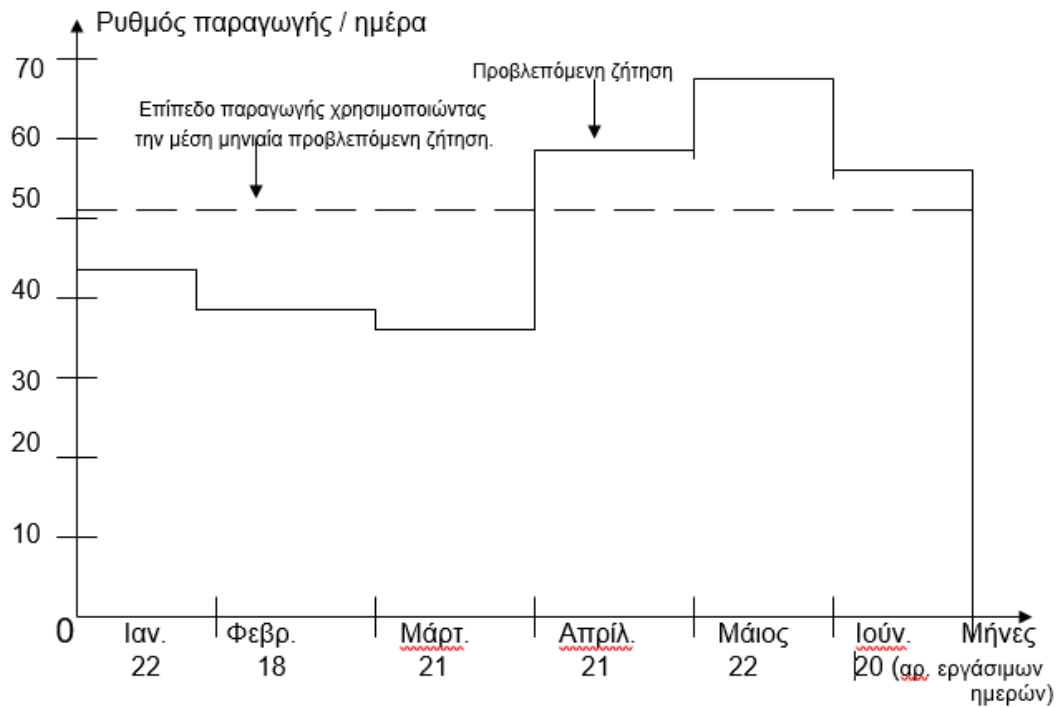
αντιπροσωπεύει τον ρυθμό παραγωγής που απαιτείται προκειμένου να ταυτιστεί η παραγωγή με την μέση ζήτηση κατά τη διάρκεια των 6 μηνών. Και υπολογίζεται ως εξής:

Μέση απαίτηση = Ολική προβλεπόμενη ζήτηση / Αριθμός των ημερών παραγωγής.

$$= 6200 / 124$$

$$= 50 \text{ μονάδες ημερησίως.}$$

Σημειώστε ότι τους 3 πρώτους μήνες, η προβλεπόμενη ζήτηση είναι χαμηλότερη από την μέση απαίτηση, ενώ το Απρίλιο, τον Μάιο και τον Ιούνιο είναι από πάνω.



Το προηγούμενο γράφημα δείχνει πόσο διαφέρει η πρόβλεψη από την μέση ζήτηση. Έχουν αναφερθεί προηγουμένως στρατηγικές για να ταυτίζεται η παραγωγή με την προβλεπόμενη ζήτηση. Η επιχείρηση, για παράδειγμα, μπορεί να οργανώσει έτσι το προσωπικό, έτσι ώστε να πετύχει έναν ρυθμό παραγωγής που να συναντηθεί με την μέση ζήτηση (όπως φαίνεται στο γράφημα, την διακεκομμένη γραμμή). Ή μπορεί να παράγει με έναν σταθερό ρυθμό, για παράδειγμα 30 μονάδων, και μετά να υπεργολαβήσει για την υπολειπόμενη ζήτηση, δίνοντας εργασία σε άλλους κατασκευαστές στεγαστρών. Ένα τρίτο πρόγραμμα είναι να συνδυάσει υπερωρίες με κάποιες υπεργολαβίες, έτσι ώστε να απορροφήσει τη ζήτηση. Εμείς θα δώσουμε παράδειγμα για το πρώτο και το τρίτο πρόγραμμα τα οποία όχι μόνο συνηθίζονται, αλλά και είναι όλη η ουσία του συγκεντρωτικού προγραμματισμού.

Μία πιθανή στρατηγική (πρόγραμμα 1) είναι ο επιχειρηματίας να διατηρήσει ένα σταθερό εργατικό δυναμικό κατά την διάρκεια της 6μηνιας περιόδου – (στρατηγική επιπέδου). Η άλλη πιθανή στρατηγική (πρόγραμμα 2) είναι να προσλάβει και να απολύσει ακριβώς όσους εργάτες χρειάζεται για να παράγει ακριβώς ό,τι χρειάζεται μηνιαίως – (κυνηγετική στρατηγική ή στρατηγική του αυλακώματος).

**Κοστολόγιο:**

Κόστος διατήρησης αποθεμάτων.....\$ 5 ανά μονάδα ανά μήνα

Κόστος υπεργολαβίας ανά μονά.....\$ 10 ανά μονάδα

Κόστος αμοιβής.....\$ 5 ανά ώρα (\$40 ανά ημέρα)

Κόστος υπερωρίας.....\$ 7 ανά ώρα

Εργατικές ώρες για να παραχθεί 1 μονάδα.....1.6 ώρες ανά μονάδα

Κόστος αύξησης ρυθμού παραγωγής.....\$ 10 ανά μονάδα

(πρόσληψης και εκπαίδευσης)

Κόστος μείωσης ρυθμού παραγωγής.....\$ 15 ανά μονάδα

(απόλυσης)

- Ανάλυση του Προγράμματος 1

Αναλύοντας αυτή την προσέγγιση, στην οποία υποθέτουμε ότι παράγονται 50 μονάδες ανά ημέρα, έχουμε σταθερό εργατικό δυναμικό, καθόλου υπερωρίες ή αργοσχολίες, καθόλου αποθέματα, και κανέναν υπεργολάβο. Η επιχείρηση συσσωρεύει απόθεμα κατά τη διάρκεια της χαλαρής περιόδου της ζήτησης, Ιανουαρίου έως Μαρτίου, και τα εξαντλεί κατά τη διάρκεια της περιόδου με υψηλή ζήτηση, Απριλίου έως Ιουνίου. Θεωρούμε πως το αρχικό απόθεμα είναι μηδενικό καθώς επίσης και το τελικό. (αρχικό απόθεμα = 0, τελικό απόθεμα = 0).

Μήνας	Παραγωγή στις 50 μονάδες ανά ημέρα	Προβλεπόμενη ζήτηση	Μηνιαία αλλαγή αποθεμάτων	Τελικό απόθεμα/
Ι α ν ο υ ά ρ ι ο ς	1100	900	+200	200
Φ ε β ρ ο υ ά ρ ι ο ς	900	700	+200	400
Μ ά ρ τ ι ο ς	1050	800	+250	650
Α π ρ ί λ ι ο ς	1050	1200	-150	500
Μ ά ι ο ς	1100	1500	-400	100

Ι ο ύ ν ι ο ς	1000	1100	-100	0
<u>Σ ύ ν ο λ ο</u>				<u>1850</u>

Τελικές μονάδες αποθεμάτων που διοχετεύονται από τον έναν μήνα στον άλλο = 1850 μον.

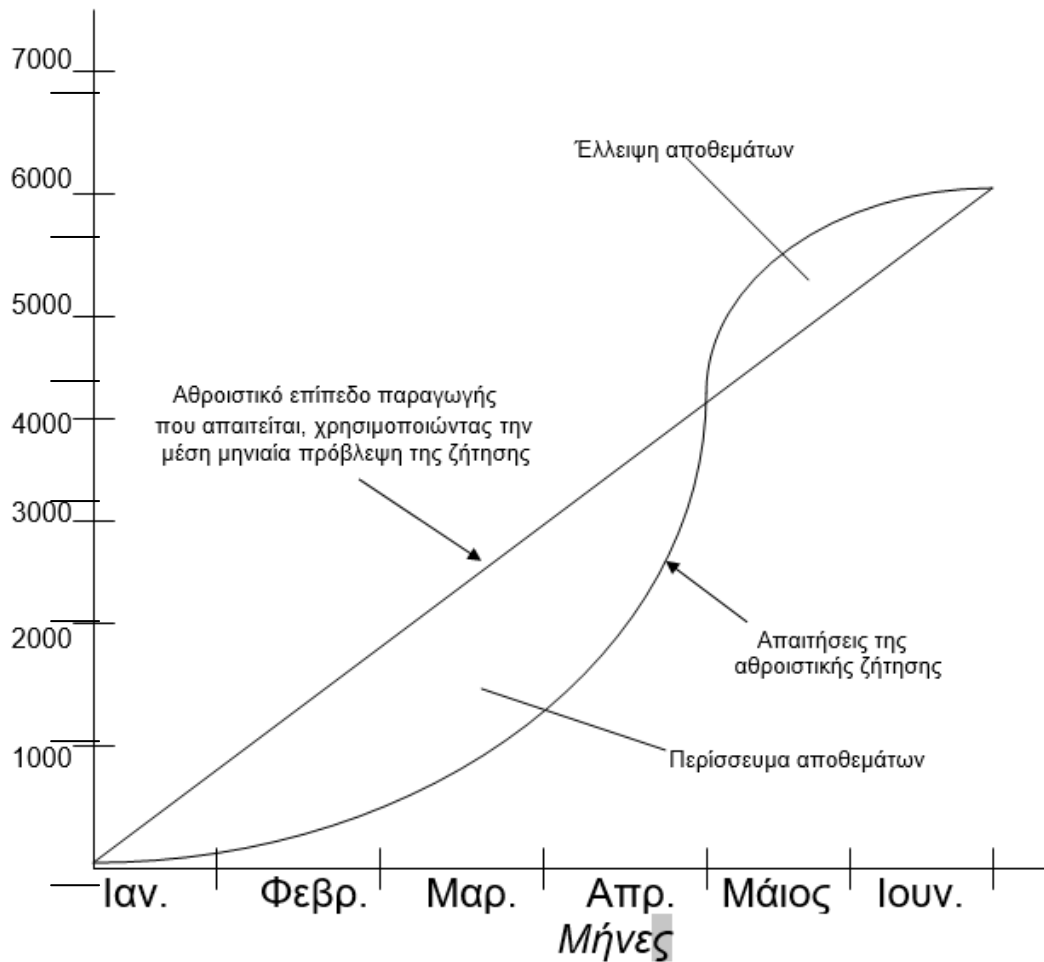
Εργατικό δυναμικό που απαιτείται για να παραχθούν 50 μονάδες ανά ημέρα = 10 εργάτες

Επειδή κάθε μονάδα απαιτεί 1.6 εργατικές ώρες για να παραχθεί, κάθε εργάτης μπορεί να φτιάξει 5 μονάδες σε μια 8ωρη (εργατική) ημέρα. Κατά συνέπεια για να παραχθούν 50 μονάδες, χρειάζονται 10 εργάτες.

Το κόστος του προγράμματος υπολογίζεται ως εξής:

<b>Κόστη</b>		<b>Υπολογισμοί</b>
Διατήρηση Αποθεμάτων	\$9250	( = 1850 μονάδες που διατηρούνται X \$5 ανά μονάδα)
Εργασία	\$49600	( = 10 εργάτες X \$40 ανά ημέρα X 124 ημέρες)
Άλλα κόστη ( υπερωρίες, προσλήψεις, απολύσεις, υπεργολαβίες)	0	
Ολικό κόστος	<u>\$58850</u>	

### Συσσωρευμένες μονάδες ζήτησης



Το παραπάνω γράφημα αποτελεί ένα *συσσωρευτικό* γράφημα που δείχνει οπτικά πως η ζήτηση παρεκκλίνει από τις μέσες απαιτήσεις.

- Ανάλυση του Προγράμματος 2

Το πρόγραμμα αυτό εμπεριέχει την αλλαγή του μεγέθους του εργατικού δυναμικού μέσω προσλήψεων και απολύσεων, όπου κρίνονται απαραίτητες. Ο ρυθμός παραγωγής θα εξισωθεί με την ζήτηση. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τους υπολογισμούς και το ολικό κόστος του προγράμματος 2. Θυμίζουμε, ότι για να μειωθεί η παραγωγή από το επίπεδο παραγωγής του προηγούμενου μήνα κοστίζει \$15 ανά μονάδα που παράγεται (απολύσεις), καθώς και \$10 ανά μονάδα η αλλαγή για να αυξηθεί η παραγωγή μέσω προσλήψεων.

Μήνας	Πρόβλεψη (μονάδων)	Κόστος βασικής παραγωγής (ζήτηση X 1,6 ώρες ανά μονάδα X \$5 ανά ώρα)	Επιπλέον κόστος εξαιτίας της αύξησης της παραγωγής (κόστος προσλήψεων)	Επιπλέον κόστος εξαιτίας της μείωσης της παραγωγής (κόστος απολύσεων)	Ολικό κόστος
Ιανουάριος	900	\$ 7200	-	-	\$7200
Φεβρουάριος	700	\$5600	-	\$3000 (= 200 X \$15 )	\$8600
Μάρτιος	800	\$6400	\$1000 (= 100 X \$10 )	-	\$7400
Απρίλιος	1200	\$9600	\$4000 (= 400 X \$10 )	-	\$13600
Μάιος	1500	\$12000	\$3000 (= 300 X \$10)	-	\$15000
Ιούνιος	1100	\$8800	-	\$6000 (= 400 X \$15 )	\$14800
<b>Σύνολο</b>		\$49600	\$8000	\$9000	\$66600

Το τελευταίο βήμα στις γραφικές μεθόδους είναι η σύγκριση των κοστών κάθε προτεινόμενου προγράμματος και η επιλογή εκείνου του προγράμματος με το μικρότερο ολικό κόστος. Στον παρακάτω πίνακα συγκεντρώνουμε τα κόστη και καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το πρόγραμμα 1 αποτελεί την καλύτερη επιλογή.

Κόστος	Πρόγραμμα 1	Πρόγραμμα 2
	(διατήρηση σταθερού εργατικού δυναμικού 10 εργατών)	(προσλήψεις και απολύσεις προκειμένου να ταυτιστούν παραγωγή - ζήτηση)
Διατήρηση αποθεμάτων	\$9250	0
Αμοιβές	\$49600	\$49600
Υπερωρίες	0	0
Προσλήψεις	0	\$8000
Απολύσεις	0	\$9000
Υπεργολαβία	0	0
<b>Συνολικό κόστος</b>	<b>\$58850</b>	<b>\$66600</b>



Όπως είναι φυσικό, πολλές άλλες εφαρμόσιμες στρατηγικές μπορούν να αναλογιστούν σε ένα πρόβλημα σαν και αυτό, που να περιλαμβάνουν συνδυασμούς με ελάχιστη χρησιμοποίηση υπερωριών. Παρόλο, που οι γραφικές μέθοδοι είναι ένα διαδεδομένο επιχειρηματικό εργαλείο, βοηθά περισσότερο στην αξιολόγηση των στρατηγικών, και όχι στη δημιουργία τους. Για να φτιάξεις μια στρατηγική, χρειάζεται μια συστηματική προσέγγιση που να περιλαμβάνει όλα τα κόστη και να οδηγεί σε εφικτές λύσεις.

### 3.5.2 Συνολικός προγραμματισμός με την χρήση του γραμμικού προγραμματισμού

Ο στόχος του συνολικού προγραμματισμού είναι να μεγιστοποιηθεί το κέρδος για την επιχείρηση ικανοποιώντας ταυτόχρονα την ζήτηση. Κάθε επιχείρηση, στην προσπάθειά της να ικανοποιήσει την ζήτηση των πελατών, αντιμετωπίζει ορισμένους περιορισμούς, όπως η περιορισμένη δυνατότητα παραγωγής των εγκαταστάσεων της ή του εργατικού δυναμικού της. Ένα ιδιαίτερα αποτελεσματικό εργαλείο για την επιχείρηση που προσπαθεί να μεγιστοποιήσει τα κέρδη της μέσα από ένα σύνολο περιορισμών είναι ο **γραμμικός προγραμματισμός**. Ο γραμμικός προγραμματισμός βρίσκει τη βέλτιστη λύση που θα δημιουργήσει τα υψηλότερα κέρδη ικανοποιώντας τους περιορισμούς που αντιμετωπίζει η επιχείρηση.

Ο αντικειμενικός σκοπός είναι να καθοριστούν οι όροι ενός  $n$  συνόλου πραγματικών, μη μηδενικών μεταβλητών, με στόχο να μεγιστοποιηθεί ή να ελαχιστοποιηθεί η γραμμική συνάρτηση αυτών των μεταβλητών. Το βασικό πλεονέκτημα της διατύπωσης ενός προβλήματος ως γραμμικό πρόγραμμα είναι ότι μπορεί να βρεθούν εύκολα και αποτελεσματικά οι ιδανικές λύσεις.

Όταν όλες οι συναρτήσεις κόστους είναι γραμμικές, το γενικό πρόβλημα συγκεντρωτικού προγραμματισμού μορφοποιείται σε γραμμικό πρόγραμμα. Εξαιτίας της αποτελεσματικότητας του γραμμικού προγραμματισμού, οι λύσεις του μπορούν να ισχύσουν και για πολύ μεγάλα προβλήματα.

#### Παράμετροι κόστους και δεδομένα

Οι παρακάτω παράμετροι θεωρούνται δεδομένες:

$C_H$  = Κόστος πρόσληψης ενός εργάτη,

$C_F$  = Κόστος απόλυσης ενός εργάτη,

$C_I$  = Κόστος διατήρησης μιας μονάδας αποθέματος για μία περίοδο,  $C_R$  = Κόστος παραγωγής μιας μονάδας εντός της διάρκειας του κανονικού ωραρίου,

$C_O$  = Επauξημένο κόστος παραγωγής μιας μονάδας με υπερωρία,

$C_U$  = Κόστος αργοσχολίας ανά μονάδα παραγωγής,

$C_S$  = Κόστος υπεργολαβίας μιας μονάδας παραγωγής,

$n_t$  = Αριθμός ημερών παραγωγής για  $t$  περιόδους,

$K$  = Αριθμός συγκεντρωτικών μονάδων που παρήχθησαν από έναν εργάτη σε μια μέρα,

$I_0$  = Αρχικά αποθέματα στο χέρι (διαθέσιμα), στην αρχή του ορίζοντα προγραμματισμού,

$W_0$  = Αρχικό εργατικό δυναμικό, στην αρχή του ορίζοντα προγραμματισμού,

$D_t$  = Πρόβλεψη της ζήτησης της  $t$  περιόδου.

Οι παράμετροι του κόστους μπορούν επίσης να είναι ανεξάρτητες από τον χρόνο. Αυτό σημαίνει πως μπορούν να αλλάξουν με το  $t$ . Οι παράμετροι που εξαρτώνται από τον χρόνο μπορεί να φανούν χρήσιμες στις αλλαγές του μοντέλου όσον αφορά τα κόστη πρόσληψης και απόλυσης ή τα κόστη της παραγωγής ή τα κόστη διατήρησης αποθεμάτων.

## Μεταβλητές του προβλήματος

Τα παρακάτω είναι οι μεταβλητές του προβλήματος:

$W_t$  = Επίπεδο εργατικού δυναμικού στην  $t$  περίοδο,

$P_t$  = Επίπεδο παραγωγής στην  $t$  περίοδο,

$I_t$  = Επίπεδο αποθεμάτων στην  $t$  περίοδο,

$H_t$  = Αριθμός εργατών που προσλήφθηκαν στην  $t$  περίοδο,

$F_t$  = Αριθμός εργατών που απολύθηκαν στην  $t$  περίοδο,

$O_t$  = Παραγωγή από υπερωρίες σε μονάδες,

$U_t$  = Αργοσχολία των εργατών σε μονάδες,

$S_t$  = Αριθμός μονάδων που υπεργολαβήθηκαν.

Ο χρόνος υπερωριών και αργοσχολίας καθορίζονται με τον ακόλουθο τρόπο. Η παράμετρος  $Kn_t$  εκφράζει τον αριθμό των μονάδων που παράγονται από έναν εργάτη στην  $t$  περίοδο, έτσι ώστε η παράμετρος  $Kn_tW_t$  να εκφράζει τον αριθμό των μονάδων που παράγονται από ολόκληρο το εργατικό δυναμικό στην  $t$  περίοδο. Παρόλα αυτά, δεν απαιτούμε να ισχύει η ισότητα:  $Kn_tW_t = P_t$ . Εάν  $P_t > Kn_tW_t$ , τότε ο αριθμός των

μονάδων που παράγονται υπερβαίνει τη δυνατότητα παραγωγής του εργατικού δυναμικού κατά το κανονικό ωράριο εργασίας. Αυτό σημαίνει ότι η διαφορά παράγεται με υπερωρίες, έτσι ώστε ο αριθμός των μονάδων που παράγονται με υπερωρίες είναι ακριβώς  $O_t = P_t - K n_t W_t$ . Εάν  $P_t < K n_t W_t$ , τότε το εργατικό δυναμικό παράγει λιγότερο από όσο θα έπρεπε κατά τη διάρκεια του κανονικού ωραρίου εργασίας, που σημαίνει ότι υπάρχει αργοσχολία εργατών. Η αργοσχολία των εργατών μετριέται σε μονάδες παραγωγής παρά σε χρόνο και δίνεται από τον τύπο:  $U_t = K n_t W_t - P_t$ .

### Περιορισμοί του προβλήματος

Τρεις είναι οι περιορισμοί που απαιτούνται για την διατύπωση του γραμμικού προγραμματισμού. Περιλαμβάνονται προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι θα ικανοποιηθεί η διατήρηση της εργασίας και η διατήρηση των μονάδων.

1. Περιορισμοί εργατικού δυναμικού.

$$W_t = W_{t-1} + H_t - F_t \quad \text{για } 1 \leq t \leq T.$$

2. Περιορισμοί των μονάδων.

$$I_t = I_{t-1} + P_t + S_t - D_t \quad \text{για } 1 \leq t \leq T.$$

3. Περιορισμοί που σχετίζονται με τα επίπεδα παραγωγής και εργατικού δυναμικού.

$$P_t = K n_t W_t + O_t - U_t \quad \text{για } 1 \leq t \leq T.$$

Επιπλέον με αυτούς τους περιορισμούς, ο γραμμικός προγραμματισμός απαιτεί όλες οι μεταβλητές να είναι μην είναι αρνητικές. Αυτοί οι περιορισμοί, καθώς και ο περιορισμός της μη αρνητικότητας, είναι τα απαραίτητα στοιχεία που χρειάζονται για την τυποποίηση του προβλήματος. Άξιο προσοχής, είναι ότι και οι τρεις περιορισμοί ορίζονται ως το  $T$  όπου εκφράζει το μέγιστο του ορίζοντα προγραμματισμού.

Η διατύπωση του προβλήματος απαιτεί επίσης τον προσδιορισμό του αρχικού αποθέματος  $I_0$ , και του αρχικού εργατικού δυναμικού  $W_0$ , και μπορεί να περιλαμβάνει τον προσδιορισμό του τελικού αποθέματος την τελευταία περίοδο  $I_T$ .

Η αντικειμενική συνάρτηση περιλαμβάνει όλα τα κόστη που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Η μορφοποίηση του γραμμικού προγράμματος είναι να διαλέξει τιμές για

τις μεταβλητές του προβλήματος  $W_t, P_t, I_t, H_t, F_t, O_t, U_t$  και  $S_t$  έτσι ώστε να ισχύει το ακόλουθο:

$$\text{Minimize } \sum (c_H H_t + c_F F_t + c_I I_t + c_R P_t + c_O O_t + c_U U_t + c_S S_t)$$

όπου,

$$W_t = W_{t-1} + H_t - F_t \quad \text{για } 1 \leq t \leq T \text{ (περιορισμός εργατικού δυναμικού),}$$

$$P_t = K_n W_t + O_t - U_t \quad \text{για } 1 \leq t \leq T \text{ (παραγωγή και εργατικό δυναμικό),}$$

$$I_t = I_{t-1} + P_t + S_t - D_t \quad \text{για } 1 \leq t \leq T \text{ (ισορρόπηση αποθεμάτων),}$$

$$W_t, P_t, I_t, H_t, F_t, O_t, U_t, S_t \geq 0 \text{ (μη αρνητικότητα),}$$

συν κάθε επιπρόσθετος περιορισμός που καθορίζει τις τιμές του αρχικού αποθέματος, του αρχικού εργατικού δυναμικού και του τελικού αποθέματος.

### Παράδειγμα.....

Θα παρουσιάσουμε την χρήση του γραμμικού προγραμματισμού βρίσκοντας την ιδανική λύση του παρακάτω προβλήματος.

Η Denspack, μια εταιρία που παράγει σκληρούς δίσκους και γενικότερα υπολογιστές, έκανε ένα πρόγραμμα του επιπέδου του εργατικού δυναμικού και της παραγωγής για μια περίοδο έξι μηνών (Ιανουάριος – Ιούνιος). Οι προβλέψεις της ζήτησης για τους μήνες αυτούς είναι 1280, 640, 900, 1200, 2000 και 1400. Ήδη υπάρχουν 300 εργάτες από τον Δεκέμβριο (αρχικό εργατικό δυναμικό). Τα τελικά αποθέματα τον Δεκέμβρη αναμένονται να είναι 500 μονάδες και η επιχείρηση επιθυμεί να έχει διαθέσιμες (στο χέρι) 600 μονάδες στο τέλος του Ιουνίου.

Στο παρελθόν ο διευθυντής της εταιρίας παρατήρησε πως για 22 ημέρες εργασίας, με ένα σταθερό εργατικό δυναμικό 76 εργατών, η επιχείρηση παρήγαγε 245 σκληρούς δίσκους. Αυτό σημαίνει πως ο μέσος ρυθμός παραγωγής ήταν  $245 / 22 = 11,1364$  δίσκοι την ημέρα όταν δούλευαν 76 εργάτες. Έτσι, συνεπάγεται πως ένας εργάτης παρήγαγε κατά μέσο όρο  $11,1364 / 76 = 0,14653$  δίσκους σε μια μέρα.

Άρα, λοιπόν, τα υπόλοιπα δεδομένα έχουν ως εξής:

$C_H$  = Κόστος πρόσληψης ενός εργάτη = \$500,

$C_F$  = Κόστος απόλυσης ενός εργάτη = \$1000,

$C_I$  = Κόστος διατήρησης μιας μονάδας αποθέματος για έναν μήνα = \$80

$K$  = Αριθμός συγκεντρωτικών μονάδων που παράγονται από έναν εργάτη σε μια μέρα = 0,14653.

Επίσης, καθορίζουμε την τελική πρόβλεψη ζήτησης. Για τον Ιανουάριο είναι 780 (1280 – 500) και για τον Ιούνιο 2000 (1400 + 600). Υπολογίζοντας την τελική ζήτηση θεωρούμε πως το αρχικό και το τελικό απόθεμα είναι 0. Άρα τα δεδομένα έχουν ως εξής στον παρακάτω πίνακα:

Μήνας	Αριθμός ημερών εργασίας	Αριθμός μονάδων που παράγονται ανά εργάτη (αριθμός εργασίας ημερών X 0,14653)			Τελική πρόβλεψη ζήτησης	Αθροιστική τελική προβλεπόμενη ζήτηση
Ιανουάριος	20		2,931	780	780	
Φεβρουάριος	24		3,517	640	1420	
Μάρτιος	18		2,638	900	2320	
Απρίλιος	26		3,81	1200	3520	
Μάιος	22		3,224	2000	5520	
Ιούνιος	15		2,198	2000	7520	

**Λύση:**.....

Καθώς δεν ενσωματώνονται στο πρόβλημα η υπεργολαβία, οι υπερωρίες και ο χρόνος αργοσχολίας και οι συντελεστές κόστους είναι σταθεροί, η αντικειμενική συνάρτηση έχει ως εξής:

$$\text{Minimize } \left( 500 \sum H_t + 1000 \sum F_t + 80 \sum I_t \right).$$

Οι οριακές συνθήκες περιλαμβάνουν τους προσδιορισμούς του αρχικού αποθέματος των 500 μονάδων, το αρχικό εργατικό δυναμικό των 300 εργατών και το τελικό απόθεμα των 600 μονάδων. Αυτές αντιμετωπίζονται καλύτερα με το να συμπεριληφθεί ένας ξεχωριστός επιπρόσθετος περιορισμός για κάθε οριακή συνθήκη.

Οι περιορισμοί του προβλήματος γίνονται με την αντικατάσταση του  $t$  στις ομάδες εξισώσεων (A), (B) και (Γ). Όλοι οι περιορισμοί είναι οι ακόλουθοι:

$$W_1 - W_0 - H_1 + F_1 = 0,$$

$$W_2 - W_1 - H_2 + F_2 = 0,$$

$$W_3 - W_2 - H_3 + F_3 = 0, \quad (\text{A})$$

$$W_4 - W_3 - H_4 + F_4 = 0,$$

$$W_5 - W_4 - H_5 + F_5 = 0,$$

$$W_6 - W_5 - H_6 + F_6 = 0;$$

$$P_1 - I_1 + I_0 = 1280,$$

$$\begin{aligned}
 P_2 - I_2 + I_1 &= 640, \\
 P_3 - I_3 + I_2 &= 900, \\
 P_4 - I_4 + I_3 &= 1200, \\
 P_5 - I_5 + I_4 &= 2000, \\
 P_6 - I_6 + I_5 &= 1400;
 \end{aligned}
 \tag{B}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 - 2,931W_1 &= 0, \\
 P_2 - 3,517W_2 &= 0, \\
 P_3 - 2,638W_3 &= 0, \\
 P_4 - 3,810W_4 &= 0, \\
 P_5 - 3,224W_5 &= 0, \\
 P_6 - 2,198W_6 &= 0;
 \end{aligned}
 \tag{Γ}$$

$$W_1, \dots, W_6, P_1, \dots, P_6, I_1, \dots, I_6, F_1, \dots, F_6, H_1, \dots, H_6 \geq 0,
 \tag{Δ}$$

$$\begin{aligned}
 W_0 &= 300, \\
 I_0 &= 500, \\
 I_6 &= 600.
 \end{aligned}
 \tag{E}$$

Η λύση του προβλήματος μπορεί να γίνει μέσω του προγράμματος LINDO, όπως και μέσω του Excel. Τα αποτελέσματα φυσικά είναι τα ίδια. Εμείς θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα με έναν πίνακα του Excel. Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης που βγάζουν τα δύο προγράμματα για την ιδανική λύση είναι \$379,320.90. Το κόστος αυτό βασίζεται σε κλασματικές τιμές των μεταβλητών.



Το πραγματικό κόστος θα είναι ελάχιστα υψηλότερο ύστερα από την στρογγυλοποίηση.

Ακολουθώντας την διαδικασία στρογγυλοποίησης που προτείναμε προηγουμένως, θα στρογγυλοποιήσουμε όλες τις τιμές του  $W_t$  στον αμέσως επόμενο υψηλότερο ακέραιο αριθμό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα εξής:  $W_1, \dots, W_4 = 273$  και  $W_5 = W_6 = 738$ . Αυτό καθορίζει τις τιμές των άλλων μεταβλητών του προβλήματος. Αυτό σημαίνει πως η επιχείρηση πρέπει να απολύσει 27 εργάτες τον Ιανουάριο και να προσλάβει 465 εργάτες τον Μάιο.

Πρέπει να αναφέρουμε πως προσθέσαμε 600 μονάδες στα τελικά αποθέματα του Ιουνίου, δίνοντας έτσι ένα τελικό απόθεμα  $900 = 600 + 1500$  μονάδες. Έτσι λοιπόν, το συνολικό κόστος αυτού του προγράμματος είναι  $(500)(465) + (1000)(270) + (80)(1500) = \$379,500$ .

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης του γραμμικού προγραμματισμού υποδεικνύει πως κάποιο άλλο πρόγραμμα μπορεί να αποδειχθεί πιο κατάλληλο για μια εταιρία. Επειδή, η ιδανική στρατηγική είναι να μειωθεί το εργατικό δυναμικό τον Ιανουάριο και να ξαναφτιαχτεί τον Μάιο, μια εύλογη εναλλακτική λύση μπορεί να είναι να μην απολυθούν 27 εργάτες τον Ιανουάριο και να προσληφθούν λιγότεροι τον Μάιο. Σε αυτή την περίπτωση, η πιο αποτελεσματική μέθοδος για να βρεθεί ο σωστός αριθμός εργαζομένων να προσληφθούν τον Μάιο είναι να ξαναλυθεί το γραμμικό πρόγραμμα, αλλά χωρίς τις μεταβλητές  $F_1, \dots, F_6$ , καθώς καμία απόλυση εργαζομένων δεν υπαγορεύει πως αυτές οι μεταβλητές πρέπει να είναι μηδενικές. ( Η μόνη αλλαγή στα δεδομένα του προβλήματος είναι να προσαρτηθούν οι μεταβλητές  $F_1 = 0, F_2 = 0, \dots, F_6 = 0$ .) Ο ιδανικός αριθμός εργαζομένων για να προσληφθούν τον Μάιο καταλήγει να είναι 374 εάν κανένας εργάτης δεν απολυθεί, και το κόστος του προγράμματος είναι περίπου \$386,120. Αυτό είναι ελάχιστα πιο ακριβό από το ιδανικό πρόγραμμα, και έχει το σημαντικό πλεονέκτημα ότι δεν είναι απαραίτητη η απόλυση εργαζομένων.

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>Γ</b>	<b>Δ</b>	<b>E</b>	<b>ΣΤ</b>	<b>Z</b>	<b>H</b>	<b>Θ</b>
<b>Μήνας</b>	<b># εργαζομένων</b>	<b># προσλήψεων</b>	<b># απολύσεων</b>	<b># μονάδων / εργατή</b>	<b># παραγόμενων μονάδων</b>	<b>Αθροιστική παραγωγή</b>	<b>Αθροιστική ζήτηση</b>	<b>Τελικό απόθεμα (Z - H)</b>
Ιανουάριος	273		27	2.931	800	800	780	20
Φεβρουάριος	273			3.517	960	1760	1420	340
Μάρτιος	273			2.638	720	2480	2320	160
Απρίλιος	273			3.810	1040	3520	3520	0
Μάιος	738	465		3.224	2379	5899	5520	379
Ιούνιος	738			2.198	1622	7521	7520	1
<b>Σύνολο</b>		465	27					900

- Τα αποτελέσματα του προβλήματος μέσω του Excel.

### 3.6 Διαχωρισμός (Disaggregation)

Το αποτέλεσμα, της διαδικασίας του συνολικού προγραμματισμού, είναι συνήθως ένα πρόγραμμα παραγωγής για μικρές (οικογενειακές) επιχειρήσεις παραγωγής προϊόντων. Έτσι, τα αποτελέσματα της όλης διαδικασίας του συνολικού προγραμματισμού μπορούν να υποδεικνύουν σε ένα κατασκευαστή αυτοκινήτων πόσα αυτοκίνητα να παράγει, αλλά δεν του υποδεικνύουν πόσα από αυτά πρέπει να είναι με δύο ή με τέσσερις πόρτες ή ακόμα πόσα από αυτά πρέπει να είναι κόκκινα και πόσα πράσινα. Επίσης, μπορεί να υποδεικνύουν σε έναν κατασκευαστή χάλυβα πόσους τόνους χάλυβα να παράγει, αλλά δεν του διευκρινίζει αν θα πρέπει να παράγει χάλυβα σε μορφή ρολών ή σε μορφή φύλλων. Παρ' όλα αυτά, οι εταιρίες χρειάζονται ένα σχέδιο που να προγραμματίζει τα συγκεκριμένα προϊόντα, δηλαδή ποιες ποσότητες θα πρέπει να παραχθούν και πότε; Η διαδικασία διάσπασης του συνολικού προγραμματισμού, σε έναν νέο λεπτομερέστερο προγραμματισμό, καλείται διαχωρισμός. Ο διαχωρισμός οδηγεί σε ένα **κύριο πρόγραμμα παραγωγής**, το οποίο διευκρινίζει (Heizer & Render, Production & Operation Management, 2001 σελ. 708):

1. Το μέγεθος της ποσότητας παραγωγής που πρέπει να παραχθεί, καθώς και την ακριβή χρονική περίοδο που θα πρέπει να πραγματοποιηθεί η παραγωγή.
2. Το μέγεθος της ποσότητας και την ακριβή χρονική περίοδο για την προμήθεια των κατασκευασμένων ή αγορασμένων συστατικών.
3. Την αλληλουχία των μεμονωμένων παραγγελιών ή των εργασιών.
4. Την βραχυπρόθεσμη κατανομή των πόρων στις μεμονωμένες διαδικασίες.

### 3.7 Εφαρμογή του συνολικού προγραμματισμού στην πράξη

Όταν εφαρμόζεται ο συνολικός προγραμματισμός στην πράξη, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω (Chopra & Meindl, 2001 σελ. 115-116):

- Τα σχέδια θα πρέπει να είναι ευέλικτα, διότι οι προβλέψεις εμπεριέχουν μεγάλη πιθανότητα λάθους. Τα συνολικά σχέδια βασίζονται σε προβλέψεις της μελλοντικής ζήτησης. Δεδομένου ότι αυτές οι προβλέψεις πολλή μεγάλη πιθανότητα να μην επαληθευτούν, τα συνολικά σχέδια πρέπει να έχουν ενσωματωμένη μεγάλη ευελιξία. Με αυτόν τον τρόπο, όταν συμβαίνουν αλλαγές, όπως για παράδειγμα μεταβολές στη ζήτηση ή αυξήσεις στα κόστη, τα συνολικά σχέδια θα μπορούν να προσαρμόζονται, ώστε να διαχειριστούν τη νέα κατάσταση.

Ο γραμμικός προγραμματισμός είναι ένα χρήσιμο εργαλείο που προσδίδει στο συνολικό προγραμματισμό την απαιτούμενη ευελιξία. Πιο συγκεκριμένα μέσω του γραμμικού προγραμματισμού, ο υπεύθυνος σχεδιασμού μπορεί να πραγματοποιήσει ανάλυση ευαισθησίας των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την κατάστρωση του συνολικού προγραμματισμού, ώστε να προκύψουν οι νέες λύσεις που θα ανταποκρίνονται στα νέα δεδομένα. Για παράδειγμα, αν ο προγραμματισμός προτείνει την επέκταση την δυναμικότητας, ενώ η ζήτηση είναι αβέβαιη, τότε ο μάνατζερ πρέπει να εξετάσει το αποτέλεσμα του νέου συνολικού προγραμματισμού όταν η ζήτηση είναι είτε χαμηλότερη είτε υψηλότερη από την αναμενόμενη. Αν αυτή η μεταβολή προκαλέσει μικρή εξοικονόμηση δαπανών από την αύξηση της δυναμικότητας όταν η ζήτηση είναι υψηλή, αλλά μεγάλη αύξηση στα κόστη όταν η ζήτηση είναι χαμηλότερη από την αναμενόμενη τότε η απόφαση για αναβολή της επένδυσης στη δυναμικότητα είναι μια ελκυστική επιλογή. Η ανάλυση ευαισθησίας στις μεταβλητές εισόδου σε ένα συνολικό προγραμματισμό επιτρέπει στον υπεύθυνο προγραμματισμού να επιλέξει τη βέλτιστη λύση μέσα από ένα εύρος ενδεχομένων που είναι δυνατόν να συμβούν.

- Προσαρμογή του συνολικού προγραμματισμού καθώς προκύπτουν νέα δεδομένα. Όπως έχει αναφερθεί, τα συνολικά σχέδια/προγράμματα αναφέρονται συνήθως σε ένα χρονικό ορίζοντα μεταξύ 3 και 18 μηνών. Αυτό βεβαίως δε σημαίνει πως μια εταιρεία θα πρέπει να εφαρμόζει το ίδιο συνολικό προγραμματισμό μέσα σε αυτή τη χρονική περίοδο. Καθώς τα δεδομένα του προβλήματος αλλάζουν, οι υπεύθυνοι του σχεδιασμού είναι υποχρεωμένοι να χρησιμοποιούν τις πιο πρόσφατες τιμές αυτών των δεδομένων και να αναπροσαρμόζουν το πλάνο. Για παράδειγμα, όσο πραγματοποιούνται νέες προβλέψεις ζήτησης, τα αποτελέσματα του συνολικού προγραμματισμού θα πρέπει να επαναπροσδιορίζονται.
- Χρήση του συνολικού προγραμματισμού, καθώς η εκμετάλλευση της δυναμικότητας αυξάνεται. Πολλές εταιρείες δε δημιουργούν συνολικά σχέδια και αντί αυτού, για να διαμορφώσουν το πρόγραμμα παραγωγής, αρκούνται απλά στις παραγγελίες των διανομέων τους ή των υπευθύνων των αποθηκών. Αυτές οι παραγγελίες προέρχονται είτε από πραγματική ζήτηση, είτε από αλγόριθμους διοίκησης των αποθεμάτων. Αν μια εταιρεία δεν αντιμετωπίζει προβλήματα στην αποτελεσματική ικανοποίηση της ζήτησης με αυτόν τον

τρόπο, τότε η έλλειψη ενός συνολικού σχεδίου είναι δυνατόν να μην βλάπτει σημαντικά την εταιρεία. Ωστόσο, όταν επιτευχθεί αύξηση της εκμετάλλευσης της δυναμικότητας και προκύψει θέμα δυναμικότητας, το να βασίζεσαι στις παραγγελίες για να καθορίζεις το πρόγραμμα παραγωγής, μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα δυναμικότητας. Όταν η εκμετάλλευση κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα, τότε η πιθανότητα της ικανοποίησης όλων των παραγγελιών καθώς αυτές καταφθάνουν, είναι πολύ μικρή. Συνεπώς, καθώς η χρησιμοποιούμενη δυναμικότητα αυξάνεται, γίνεται ακόμη πιο σημαντικό το θέμα πραγματοποίησης του συνολικού προγραμματισμού.

Οι προσεγγίσεις του συνολικού προγραμματισμού διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο των παρεχόμενων υπηρεσιών. Στη συνέχεια παραθέτονται πέντε διαφορετικά σενάρια για την παροχή διαφορετικών υπηρεσιών (Heizer & Render, Production & Operations Management, 2001 σελ. 708):

- **Εστιατόρια (Restaurants)**

Ο συνολικός προγραμματισμός, στην περίπτωση μιας επιχείρησης παραγωγής υψηλού όγκου προϊόντων, όπως σε ένα εστιατόριο κατευθύνεται προς (1) την εξομάλυνση της παραγόμενης ποσότητας, (2) τον προγραμματισμό του κατάλληλου μεγέθους εργατικού δυναμικού που πρέπει να προσληφθεί και (3) την προσπάθεια διαχείρισης της ζήτησης προκειμένου να μην υποαπασχολούνται τα μηχανήματα και το εργατικό δυναμικό της επιχείρησης. Μια γενική προσέγγιση απαιτεί συνήθως, την δημιουργία αποθεμάτων (προπαρασκευη προϊόντων) κατά τη διάρκεια της χαμηλής περιόδου ζήτησης και την μείωση των αποθεμάτων (π.χ. έτοιμες σαλάτες) κατά τη διάρκεια των περιόδων αυξημένης ζήτησης.

Επειδή αυτή η προσέγγιση είναι παρόμοια και για τις κατασκευαστικές επιχειρήσεις, οι παραδοσιακές μέθοδοι συνολικού προγραμματισμού μπορούν να εφαρμοστούν και στα εστιατόρια. Μια διαφορά που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι, στα εστιατόρια τα αποθέματα (π.χ. σαλάτες) είναι φθαρτά και υπάρχει φύρα. Επιπλέον, ο χρόνος αποθήκευσης ενός προϊόντος είναι πολύ μικρότερος απ' ό,τι στις κατασκευαστικές επιχειρήσεις. Παραδείγματος χάριν, στα εστιατόρια γρήγορης εστίασης (Goody's, Mc Donald's), οι υψηλές και οι χαμηλές περιόδους ζήτησης μπορούν να προσδιοριστούν ανάλογα με την ώρα ενώ το "προϊόν" μπορεί να «αποθηκευτεί» το πολύ έως 10 λεπτά.

- **Διάφορες επιχειρήσεις (Miscellaneous service)**

Οι περισσότερες επιχειρήσεις, όπως οι οικονομικές υπηρεσίες, τα νοσοκομεία, οι μεταφορικές επιχειρήσεις καθώς και πολλές άλλες επιχειρήσεις επικοινωνιών και αναψυχής, παρέχουν μια υψηλή ποσότητα παραγωγής η οποία όμως δεν μπορεί να προσδιοριστεί. Ο συνολικός προγραμματισμός σε αυτές τις επιχειρήσεις ασχολείται κυρίως με τις ανάγκες της επιχείρησης για τον προγραμματισμό του ανθρώπινου δυναμικού και την διαχείριση της ζήτησης. Ο στόχος είναι να περιοριστούν οι περίοδοι αυξημένης ζήτησης και να δημιουργηθούν μέθοδοι για πλήρης απασχόληση του εργατικού δυναμικού κατά τη διάρκεια των προβλεπόμενων περιόδων χαμηλής ζήτησης. Έτσι, θα λέγαμε ότι καταγράφεται μια προσπάθεια για την εξομάλυνση της ζήτησης, ώστε να είναι όσο τον δυνατόν πιο σταθερή.

- **Εθνικές αλυσίδες καταστημάτων, μικρών εταιριών (National chain of small service firms)**

Με την εμφάνιση των εθνικών αλυσίδων μικρών επιχειρήσεων, όπως τα εστιατόρια γρήγορης εστίασης (Goody's Mc Donald's), τα καταστήματα φωτοτυπιών και εκτυπώσεων, τα καταστήματα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών (Expert, Electro net, Κωτσόβολος, κ.λ.π.) καθώς και τα καταστήματα υπολογιστών και τηλεπικοινωνιών (Γερμανός, Public, Πλαίσιο, κ.λ.π.), το ζήτημα του συνολικού προγραμματισμού δεν εφαρμόζεται μεμονωμένα από την κάθε επιχείρηση ξεχωριστά αλλά υπάρχει ένας ενιαίος συνολικός προγραμματισμός. Ένα συστατικό του συνολικού προγραμματισμού, για τις αλυσίδες καταστημάτων, είναι η συγκεντρωμένη αγορά, η οποία έχει πολλά πλεονεκτήματα. Επίσης, η παραγωγή μπορεί να προγραμματιστεί από την κεντρική διοίκηση όταν η ζήτηση επηρεάζεται μέσω των ειδικών μεθόδων προώθησης πωλήσεων. Αυτή η προσέγγιση είναι πολύ συμφέρουσα για τις μικρές επιχειρήσεις, επειδή μειώνει τα έξοδα διαφήμισης και βοηθάει στην ρύθμιση των ταμειακών ροών τους.

- **Αεροπορική «βιομηχανία» (Airline industry)**

Ένα άλλο παράδειγμα παροχής υπηρεσιών μπορεί να είναι και αυτό της αεροπορικής «βιομηχανίας». Εξετάστε μια αεροπορική εταιρεία, η οποία έχει την έδρα της στη Νέα Υόρκη, δύο κεντρικά γραφεία στην Ατλάντα και το Ντάλας, και 150 γραφεία στα αεροδρόμια όλης της χώρας (Η.Π.Α.). Ο συνολικός προγραμματισμός της εταιρίας, αποτελείται από τους πίνακες ή τα προγράμματα (1)

του αριθμού των πτήσεων από και προς τα δυο κεντρικά αεροδρόμια, (2) από τον αριθμός των πτήσεων προς όλα τα αεροδρόμια της χώρας, (3) από τον αριθμό των επιβατών που διακινούνται σε όλες τις πτήσεις και (4) από τον αριθμό του «ιπτάμενου προσωπικού» και του «προσωπικού εδάφους» που απαιτείται σε κάθε γραφείο και σε κάθε αερολιμένα.

Αυτός ο προγραμματισμός είναι αρκετά πιο περίπλοκος και σύνθετος από τον συνολικό προγραμματισμό για μια ενιαία περιοχή, ή για διάφορες ανεξάρτητες περιοχές. Οι πρόσθετες αποφάσεις δυναμικότητας στρέφονται κυρίως, στον καθορισμό του ποσοστού των καθισμάτων που διατίθενται στις διαφορετικές κατηγορίες τιμών, προκειμένου να μεγιστοποιηθούν τα κέρδη από τις πωλήσεις εισιτηρίων, ή η παραγωγή από τις «πωλήσεις» θέσεων. Αυτός ο τύπος προβλήματος, για την κατανομή της δυναμικότητας, καλείται **διαχείριση παραγωγής**.

- **Νοσοκομεία (Hospitals)**

Τα νοσοκομεία αντιμετωπίζουν το πρόβλημα του συνολικού προγραμματισμού με την διάθεση των χρημάτων σε προσωπικό και σε προμήθεια ιατρικών υλικών, προκειμένου να ικανοποιήσουν την ανάγκη των ασθενών για τις ιατροφαρμακευτική περίθαλψη. Παραδείγματος χάριν, το νοσοκομείο, Henry Ford του Μίσιγκαν, σχεδιάζει την δυναμικότητα κρεβατιών και τις ανάγκες του για προσωπικό, σύμφωνα με τις προβλέψεις του κινούμενου μέσου (moving average) για ιατροφαρμακευτική περίθαλψη. Ο συνολικός προγραμματισμός του νοσοκομείου Henry Ford, έχει οδηγήσει στη δημιουργία μιας νέας πλεονάζουσας δυναμικότητας προσωπικού που εξυπηρετεί κάθε έκτακτο περιστατικό.

## Βιβλιογραφία

### Ελληνική

- Προγραμματισμός Παραγωγής, Κώστα Παππή, Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα 1995
- Διοίκηση Παραγωγής, Σύγχρονες Προσεγγίσεις, Κώστα Ν. Δερβιτσιώτη, Αθήνα 1999
- Εισαγωγή στο Μάρκετινγκ, Γ' έκδοση, Πέτρος Γ. Μάλλιαρης, εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα 2001
- Ποσοτική Ανάλυση για την λήψη Διοικητικών Αποφάσεων, Γεωργίου Σ. Οικονόμου, Ανδρέα Κ. Γεωργίου, Τόμος Α', Εκδόσεις Μπένου, Αθήνα 1999
- Στρατηγική των επιχειρήσεων: Ελληνική και Διεθνής εμπειρία, Τόμος Α', 4<sup>η</sup> Έκδοση, Εκδόσεις Μπένου, Παπαδάκης Βασίλειος
- Διοίκηση Παραγωγής, Α' Έκδοση, Τσιότρας Γεώργιος 1996

### Ξένα

- Supply chain Management Strategy, Planning and Operation, Sunil Chopra & Peter Meindl, copyright by Prentice-Hall Inc., New York 2001
- Production & Operations management, Fourth Edition, Jay Heizer & Barry Render, copyright by Prentice-Hall Inc., New York 2001
- Production and Operations Analysis, Steven Nahmias, Fourth Edition, Mc Grawhill Irwin, Copyright 2001
- Operations Management, R. Dan Reid, Nada R. Sanders, Copyright 2002 John Wiley & Sons, Inc.
- Supply chain management: new organizational practices for changing procurement realities, Andersen Poul Houman and Rask Morten 2003