



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΙΡΑΙΩΣ**



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
“ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ”**

ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: LOGISTICS

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΧΡΥΣΟΛΕΩΝ ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΟΛΥΚΛΑΔΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ**

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΛΕΚΚΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ/ ΜΠΛ 0418

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2007

**ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ,
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**

**ΠΟΛΥΚΛΑΔΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ**

Η εργασία αυτή υποβάλλεται για την μερική κάλυψη των απαιτήσεων με
στόχο την απόκτηση του διπλώματος

**ΠΜΣ ΣΤΗΝ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
με ειδίκευση LOGISTICS**

από

**ΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ ΚΑΙ ΤΟ
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

ΛΕΚΚΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: **ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΥΣΟΛΕΩΝ**

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή Κο Χρυσολέοντα Παπαδόπουλο για την υπομονή, τις πολύτιμες συμβουλές και παραινέσεις που μου έδωσε καθόλη την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω της σύζυγο μου, Άννα για την πολύτιμη ηθική συμπαράσταση και αμέριστη ανοχή που επέδειξε.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	2
Περιεχόμενα	3
Σκοπός της Εργασίας.....	5
Περίληψη	5
Εισαγωγή.....	7
Συμβολισμοί	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ	12
1.0 Περίληψη	12
1.1 Εφοδιαστική Αλυσίδα	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΤΟ ΠΟΛΥΚΛΑΔΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ	16
2.1 Περίληψη	16
2.2 Πολυκλαδικά Αποθέματα	16
2.2 Αποφάσεις σχετικά με την Δομή και τον Συντονισμό.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΠΟΛΥΚΛΑΔΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΓΝΩΣΤΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΖΗΤΗΣΗΣ	21
3.1 Περίληψη	21
3.2 Καθορισμένος ρυθμός ζήτησης.....	21
3.3 Διαδοχικά Μέρη αποθήκευσης με τμηματική ζήτηση	22
3.4 Άλλα αποτελέσματα σχετικά με την περίπτωση της τμηματικής ζήτησης	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.0 – ΠΟΛΥΚΛΑΔΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΑΓΝΩΣΤΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΖΗΤΗΣΗΣ	29
4.1 Περίληψη	29
4.2 Πολυκλαδικά σημεία αποθέματος με ζήτηση μεταβαλλόμενη από τον χρόνο	29
4.3 Αριθμητικό Παράδειγμα	31
4.4 Πιθανολογική Ζήτηση	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.0 - ΒΑΣΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ– ΔΕΝΔΡΟΕΙΔΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	37
5.1 Περίληψη	37
5.2 Βασικό σύστημα ελέγχου αποθέματος	37

5.3 Αριθμητικό παράδειγμα.....	41
5.4 Συστήματα που παρουσιάζουν δομή Δένδρου-Δενδροειδής Κατάσταση	43
5.5 Η δενδροειδής κατάσταση χωρίς απόθεμα στην κεντρική αποθήκη.....	44
5.6 Αριθμητικό Παράδειγμα	46
5.7 Η δενδροειδής κατάσταση με απόθεμα στην κεντρική αποθήκη.....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.0 – ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ.....	51
6.1 Περίληψη	51
6.2 Συστήματα πίεσης ελέγχου	51
6.2.1 Η λειτουργία ενός συστήματος Πίεσης.....	52
6.2.2 Σχόλια και γενικές οδηγίες	54
6.3 Η πολυκλαδική κατάσταση με άγνωστη ζήτηση (ένα προς ένα παραγγελία)	58
6.4 Αριθμητικό παράδειγμα.....	63
6.5 Επεκτάσεις στις περιπτώσεις κλαδικών συστημάτων επισκευής	66
6.5.1 Συμβασιακά Μέτρα - Indentured modules.....	66
6.6 Οικονομικά κίνητρα για κεντρικά αποθέματα	68
6.7 Τοποθέτηση Αποθέματος.....	70
6.8 Πλευρικές ή πλάγιες μεταφορές.....	71
6.9 Εύρεση της καλύτερης ποσότητας αναπλήρωσης	72
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ.....	75
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	77

Σκοπός της Εργασίας

Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη και αναφορά στα πολυκλαδικά μοντέλα διαχείρισης αποθεμάτων που μέχρι σήμερα εφαρμόζονται. Με τον όρο Πολυκλαδικό Μοντέλο αναφερόμαστε στην περίπτωση όπου κάποιο προϊόν είναι αποθηκευμένο τόσο στην κεντρική αποθήκη αλλά όσο και στα σημεία ενδιάμεσης αποθήκευσης και στα σημεία λιανικής διάθεσης. Θα εστιάσουμε στην αποθήκευση σε περισσότερες της μιας τοποθεσίας με την βασική διαφορά όμως ότι η διακίνηση, τροφοδοσία, επανατροφοδότηση γίνεται μόνο από τους ενδιάμεσους. Βασικός λοιπόν στόχος μας είναι η περιγραφή και μελέτη της σχέσης τους με τις διαφορετικές μορφές ζήτησης.

Πεποίθηση μου είναι ότι συγκεντρώθηκαν και αναλύθηκαν όλα εκείνα τα στοιχεία που μπορούν να βοηθήσουν τον αναγνώστη πρωτίστως να καταλάβει τις έννοιες με τις οποίες θα ασχοληθούμε αλλά και περαιτέρω να βρει ουσιαστική χρησιμότητα των εννοιών αυτών στα δικά προβλήματα που σχετίζονται με την διαχείριση των αποθεμάτων.

Εύχομαι η εργασία αυτή να αποτελέσει μια αναφορά για το μέλλον για όποιον θελήσει να μελετήσει τα πολυκλαδικά μοντέλα διαχείρισης αποθεμάτων και την σχέση τους με τις διαφορετικές μορφές ζήτησης.

Περίληψη

Η εργασία αυτή σκοπό έχει την διαπραγμάτευση με τα ζητήματα εκείνα που σχετίζονται με αποθέματα που έχουν τοποθετηθεί σε διαφορετικές αποθήκες ή μέρη και τα διακρίνει εξαρτημένη σχέση ζήτησης, προϊόντα δηλαδή όπου εξαρτώνται άμεσα το ένα με το άλλο. Για να γίνει όσο το δυνατό πιο κατανοητή η μελέτη θα καταπιαστεί με την έννοια της εφοδιαστικής αλυσίδας καθώς και με βασικές τεχνικές και ορισμούς που σχετίζονται με τον όρο διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας. Περαιτέρω η εργασία αυτή θα εστιάσει και θα συγκεντρωθεί στα πολυκλαδικά μοντέλα αποθεμάτων. Πρώτα θα γίνει αναφορά στην εύκολη και ιδανική περίπτωση όπου η ζήτηση είναι γνωστή και

σταθερή. Ύστερα θα γίνει αναφορά στην περίπτωση όπου ο ρυθμός της ζήτησης διαφέρει και δεν ακολουθεί σταθερό ρυθμό, ειδικότερα σε σχέση με το χρόνο, παρουσιάζοντας ιδιαίτερες πολυπλοκότητες και δυσκολίες. Για όλους τους λόγους που προαναφέρθηκαν κρίνεται απαραίτητη η εκτενής περιγραφή και αναφορά των δυσκολιών της άγνωστης ζήτησης σε πολυκλαδικό σύστημα αποθεμάτων. Τέλος θα γίνει αναφορά σε έννοιες όπως το βασικό σύστημα ελέγχου αποθεμάτων και της κατάστασης ανάκτησης προϊόντων και αυτό γιατί πολλά από τα προϊόντα που έχουν ζητηθεί δεν αναλώνονται όλα αλλά επιστρέφουν σε κατεστραμμένη συσκευασία ή μορφή.

Εισαγωγή

Δεν είναι τυχαίο ότι ο όρος εφοδιαστική αλυσίδα ακούγεται ολοένα και πιο συχνά στον κόσμο των επιχειρήσεων. Ο βασικός λόγος που γίνεται αυτό είναι ότι όλο και πιο πολλοί αναγνωρίζουν τον ουσιώδη ρόλο που διαδραματίζει η σωστή διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας σε σχέση με την βιωσιμότητα και ανάπτυξη της επιχείρησης.

Στην περίπτωση όπου η σύγχρονη μορφή επιχείρησης αποτελούνταν από μια αποθήκη, έναν έμπορο χονδρικής και έναν έμπορο λιανικής τα πράγματα θα ήταν πιο απλουστευμένα. Στην σημερινή μορφή όμως το πιο πιθανό είναι να υπάρχει μια κεντρική αποθήκη, διαφορετικά μέρη ενδιάμεσης αποθήκευσης και τέλος ακόμα πιο πολλοί έμποροι λιανικής διάθεσης. Αν στα παραπάνω συνυπολογίσουμε και τον άγνωστο ρυθμό ζήτησης είναι βέβαιο ότι η κατάσταση μπορεί να γίνει αρκετά δύσκολη.

Στην εργασία αυτή θα μελετήσουμε την διαδοχική αποθήκευση σε πολλαπλές αποθήκες. Πιο συγκεκριμένα θα ασχοληθούμε με τα πολυκλαδικά μοντέλα διαχείρισης αποθεμάτων. Η μελέτη μας θα εστιάσει στις περιπτώσεις εκείνες όπου γίνεται αποθήκευση σε περισσότερες της μιας τοποθεσίας με την βασική διαφορά όμως ότι η διακίνηση, τροφοδοσία, επανατροφοδότηση γίνεται μόνο από τους ενδιάμεσους. Δεν υπάρχει απευθείας επικοινωνία κεντρικής-αρχικής αποθήκης με τελικό σημείο πώλησης. Θα πρέπει να σημειώσουμε επίσης ότι δεν θα αναφερθούμε καθόλου σε κανένα είδος παραγωγής.

Το όλο πρόβλημα λοιπόν συγκεντρώνεται γύρω από τα αποθέματα. Οι βασικές ερωτήσεις που θα πρέπει να θέσουμε είναι οι εξής:

- Τι όγκο αποθεμάτων θα πρέπει να έχει η αποθήκη για να υπάρχει πάντα ικανοποιητικό επίπεδο εξυπηρέτησης στους πελάτες,
- Ποια ποσότητα αποθεμάτων είναι εκείνη που ελαχιστοποιεί το κόστος διατήρησης αποθεμάτων αλλά και όλα εκείνα τα κόστη που σχετίζονται με την αποθήκη,

Στην περίπτωση που προσπαθήσουμε να απαντήσουμε μεμονωμένα στην κάθε ερώτηση θα δούμε ότι η μια απάντηση αναιρεί την άλλη και δυστυχώς δεν μπορούν να συνυπάρξουν και οι δύο συνθήκες τόσο εύκολα μαζί. Σκοπός μας είναι να προσπαθήσουμε να δώσουμε στον αναγνώστη με εύκολο και κατανοητό τρόπο όλα εκείνα τα εργαλεία με τα οποία θα μπορέσει να βρει την βέλτιστη ποσότητα που επιτυγχάνει το καλύτερο δυνατό συνδυασμό στις δύο ερωτήσεις.

Στο κεφάλαιο 1 θα δώσουμε τον ορισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας και θα δούμε το βασικό πρόβλημα που δημιουργείται από την ενταμίευση προϊόντων με κεντρικό γνώμονα την εξυπηρέτηση των πολυποίκιλων και πολυπληθών παραγγελιών.

Στο κεφάλαιο 2 θα μιλήσουμε για τα πολυκλαδικά μοντέλα διαχείρισης αποθεμάτων. Θα ορίσουμε την έννοια του κλάδου αλλά θα μελετήσουμε και όλα τα χαρακτηριστικά του κλαδικού ή πολυκλαδικού μοντέλου διαχείρισης αποθεμάτων. Θα θέσουμε επίσης βασικές ερωτήσεις σχετικά με την δομή και την οργάνωση της επιχείρησης τόσο σε βραχυχρόνιο όσο και μακροχρόνιο.

Στο κεφάλαιο 3 προχωράμε ένα βήμα παραπέρα. Ξεκινάμε και μελετάμε το κλαδικό μοντέλο σε σχέση με την μορφή ζήτησης που χαρακτηρίζει την κάθε μορφή αγοράς. Στην αρχή θα μιλήσουμε για την ιδανική μορφή περίπτωσης όπου ο ρυθμός ζήτησης είναι σταθερός και γνωστός. Θα δούμε την διαδικασία αποθήκευσης σε πολλαπλές αποθήκες με τμηματική ζήτηση και θα δώσουμε ένα αριθμητικό παράδειγμα για να γίνουν πιο κατανοητά όλα τα μεγέθη.

Στο κεφάλαιο 4 ξεκινάμε να διαπραγματευόμαστε την πολλαπλή αποθήκευση αλλά με ρυθμό ζήτησης άγνωστο και μεταβαλλόμενο από τον χρόνο. Θα μιλήσουμε για πιθανολογική ζήτηση και θα μελετήσουμε τις διάφορες πολυπλοκότητες που πηγάζουν από τέτοια παραδείγματα.

Στο κεφάλαιο 5 θα διαπραγματευτούμε την έννοια του βασικού συστήματος ελέγχου αποθέματος με σκοπό να ξεδιαλύνει το πρόβλημα που δημιουργείται σχετικά με το αν η απόφαση παραγγελιάς θα στηρίζεται στην ζήτηση κατώτερου επιπέδου. Θα εισάγουμε τον όρο Θέση Αποθέματος και την σχέση που έχει με το σημείο επαναπαραγγελίας. Θα αναλύσουμε τον τρόπο

επιλογής του σημείου επαναπαραγγελίας τόσο για την κεντρική αποθήκη όσο και για τα σημεία λιανικής διάθεσης. Σε κάθε περίπτωση θα δίνουμε συγκεκριμένο αριθμητικό παράδειγμα για να γίνονται πιο κατανοητά τα μεγέθη με τα οποία ασχοληθήκαμε. Τέλος θα μελετήσουμε συστήματα τα οποία η δομή τους μοιάζει με δένδρο. Θα εστιάσουμε σε δύο παραδείγματα. Στην μια περίπτωση θα μιλήσουμε για δενδροειδή κατάσταση χωρίς απόθεμα στην αποθήκη και στην άλλη περίπτωση θα μιλήσουμε για δενδροειδή κατάσταση με απόθεμα στην κεντρική αποθήκη. Σκοπός μας είναι να ξεδιαλύνουμε τις πολυπλοκότητες που παρουσιάζονται αλλά και την σημασία που έχει η διαθεσιμότητα των πληροφοριών κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Το κεφάλαιο 6 θα λειτουργήσει σαν επίλογος των όσων έχουν ειπωθεί στα προηγούμενα 5 κεφάλαια. Σκοπός είναι να καλύψει έννοιες που δεν αναφέρθηκαν αλλά και να καλύψει τυχόν ζητήματα, περιπτώσεις ή ερωτήματα που τυχόν να έχουν δημιουργηθεί. Θα μιλήσουμε για συστήματα πίεσης ελέγχου. Θα ορίσουμε τις βασικές λειτουργίες τους και θα θέσουμε τους βασικούς περιορισμούς σχετικά με την λειτουργία τους.

Θα προσδιορίσουμε όλα εκείνα τα βασικά μεγέθη που σχετίζονται με την λειτουργία της αποθήκης. Για την διευκόλυνση του αναγνώστη θα παραθέσουμε αριθμητικό παράδειγμα για να γίνουν πιο κατανοητά τα μεγέθη αυτά.

Στην συνέχεια θα μιλήσουμε για συμβασιακά μέτρα με συγκεκριμένο τύπο ανταλλακτικού. Θα προσπαθήσουμε να εντοπίσουμε όλα εκείνα τα οικονομικά κίνητρα για δημιουργία κεντρικής αποθήκης αλλά και γενικότερα θα μιλήσουμε για την τοποθέτηση του αποθέματος.

Τέλος θα γίνει αναφορά στις πλάγιες μεταφορές αλλά και στην εύρεση της καλύτερης ποσότητας αναπλήρωσης για κλαδικό σύστημα δύο επιπέδων.

Συμβολισμοί

- § D = καθορισμένος, σταθερός και γνωστός ρυθμός ζήτησης που σχετίζεται με το τελικό σημείο λιανικής διάθεσης που δίνεται σε μονάδες προϊόντος ανά μονάδες χρόνου (συνήθως ενός χρόνου).
- § A_w = Σταθερό κόστος (εκκίνησης) που σχετίζεται με αναπληρώσεις στην αποθήκη και μετριέται σε κάποια μονάδα νομίσματος π.χ. δολάρια \$.
- § A_R = Σταθερό κόστος (εκκίνησης) που σχετίζεται με αναπληρώσεις στο τελικό σημείο λιανικής διάθεσης και μετριέται σε κάποια μονάδα νομίσματος π.χ. δολάρια \$.
- § U_w = Μεταβλητό κόστος του προϊόντος στην αποθήκη. Μονάδα μέτρησης αποτελεί (νόμισμα)/μονάδα.
- § U_R = Μεταβλητό κόστος του προϊόντος στο τελικό σημείο λιανικής διάθεσης σε \$/μονάδα.
- § R = κόστος μεταφοράς σε \$/μονάδα.
- § Q_w = Αναπληρωμένες ποσότητες στην κεντρική αποθήκη σε μονάδες.
- § Q_R = Αναπληρωμένες ποσότητες στο τελικό σημείο λιανικής διάθεσης σε μονάδες.
- § I'_w = ο μέσος όρος της αξίας της κεντρικής αποθήκης του αποθέματος του κλάδου σε μονάδες.
- § I'_R = ο μέσος όρος της αξίας του αποθέματος κλάδου στο τελικό σημείο λιανικής διάθεσης σε μονάδες.
- § VMI = Vendor Management Inventory
- § DRP = Distribution Requirements Planning
- § S_w = Σημείο επαναπαραγγελίας (βασισμένο στο απόθεμα του κλάδου) στην αποθήκη.
- § S_R = Σημείο επαναπαραγγελίας στο σημείο λιανικής πώλησης
- § Q_R = Ποσότητα παραγγελίας στο σημείο λιανικής πώλησης
- § $X_{L R}$ = είναι η αναμενόμενη πρόβλεψη της ζήτησης σχετικά με τον χρόνο παράδοσης ενός ενδιάμεσου.
- § $S_{L R}$ = στάνταρ διασπορά των λαθών πρόβλεψης

§ $K_R = 0$ παράγοντας ασφαλείας του σημείου λιανικής πώλησης, το οποίο ικανοποιεί

• $x_{L_w+L_R}$ = αναμενόμενη ζήτηση πάνω στον χρόνο παράδοσης της κεντρικής αποθήκης συν τον χρόνο παράδοσης στα σημεία λιανικής διάθεσης

• $s_{L_w+L_R}$ = στάνταρ διασπορά των λαθών πρόβλεψης

§ k_w = ο παράγοντας ασφαλείας της αποθήκης,

§ J = ο αριθμός των εμπόρων λιανικής πώλησης

§ R = περίοδος απολογισμού-ανασκόπησης

§ S = σύστημα παραγγελίας προς τα πάνω για όλη την εφοδιαστική αλυσίδα

§ B_3 = Κόστος έλλειψης ανά δολάριο σε μονάδες χρόνου σε επίπεδο λιανικής διάθεσης

§ r = χρέωση μεταφοράς σε \$/\$/μονάδα χρόνου

§ L_{RE} = Lead time από την κεντρική αποθήκη στο σημείο λιανικής διάθεσης με την υπόθεση ότι υπάρχει επαρκές απόθεμα για αποστολή

§ L_w = Lead time σχετικά με την αποθήκη

§ x_j = αναμενόμενη ζήτηση ανά περίοδο για έμπορο λιανικής j

§ $x = \sum_{j=1}^j x_j$ = συνολική ζήτηση για ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα για μια περίοδο

§ σ_j = απόκλιση ζήτησης για μια περίοδο σε έμπορο λιανικής αριθμού j

$$\sigma = \sum_{j=1}^j \sigma_j^2$$

§ σ^2 = μέγεθος ζήτησης που είναι σε απόκλιση για όλο το σύστημα $\sum_{j=1}^j \sigma_j^2$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

ΠΟΛΥΚΛΑΔΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

1.0 Περίληψη

Το κεφάλαιο 1 θα προσπαθήσει να εισαγάγει ομαλά τον αναγνώστη σχετικά με τα θέματα και ζητήματα που θα διαπραγματευτούμε στην εν λόγω εργασία. Πιο συγκεκριμένα θα συζητήσουμε για την έννοια της εφοδιαστικής αλυσίδας και τον σημαντικό ρόλο που κατέχει στον σύγχρονο κόσμο των επιχειρήσεων. Παραπέρα θα γίνει αναφορά σε όλες εκείνες τις δυσκολίες που αναδύονται από την διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας και πιο συγκεκριμένα θα μιλήσουμε για την έννοια του **Bullwhip effect**.

Στόχος του κεφαλαίου αυτού είναι να αντεπεξέλθει στα όσα αναφέρθηκαν πιο πάνω αλλά και τονίσει την δυσκολία που παρουσιάζει η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

1.1 Εφοδιαστική Αλυσίδα

Διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (Supply Chain Management) είναι ο όρος που χρησιμοποιήσουμε για να περιγράψουμε την διαχείριση των υλικών, των ιδεών, των προϊόντων σε όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας. Από την γραμμή παραγωγής μέχρι τις κεντρικές αποθήκες. Από τις κεντρικές αποθήκες στους διάφορους έμπορους χονδρικής και από εκεί και μετά στα σημεία λιανικής πώλησης. Σε ακόμα πιο ολοκληρωμένη μορφή η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνει τόσο την μετά την πώληση εξυπηρέτηση (after sale customer service) των πελατών αλλά και τρόπους για την ανακύκλωση του προϊόντος.

Συχνά γίνεται συζήτηση για την λειτουργία της αποθήκης αλλά και τους ρόλους που θα πρέπει επιτελεί σε σχέση με την επιχείρηση αλλά και σε σχέση με τον πελάτη. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφέρουμε ότι οι κεντρικές αποθήκες έχουν σχεδιαστεί με κεντρικό γνώμονα την ενταμίευση προϊόντων

που σκοπό έχουν την εξυπηρέτηση των πολυποίκιλων και πολυπληθών παραγγελιών. Το υπάρχον απόθεμα στις κεντρικές αυτές αποθήκες σχετίζεται άμεσα με την παραγωγή του εργοστασίου. Το μέγεθος ή το πλήθος του αποθέματος είναι αυτό το οποίο θα εξομαλύνει ή θα επιταχύνει την παραγωγή μας καθώς η ζήτηση θα παρουσιάζει μεταβολές.

Στην πραγματικότητα όμως η εμπειρία έχει να μας διδάξει ακριβώς το αντίθετο. Όσο πιο ψηλά κινούμαστε στην εφοδιαστική αλυσίδα τόσο μεγαλύτερη είναι και η μεταβλητότητα της ζήτησης. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό σαν bullwhip effect. Πολλοί κατασκευαστές αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της ζήτησης των προϊόντων που αλλάζει σημαντικά σε εβδομαδιαία βάση. Η ευμετάβλητη ζήτηση είναι εκείνη που τους αναγκάζει να κρατήσουν τον υπερβολικό κατάλογο αποθεμάτων, εργατικού προσωπικού προκειμένου να διατηρηθούν τα επίπεδα εξυπηρέτησεων των πελατών σε αποδεκτά επίπεδα. Επιπλέον, οι μεγάλες διακυμάνσεις που χαρακτηρίζουν τη ζήτηση το καθιστούν δύσκολο να διαχειριστούν τον εξοπλισμό, τη μεταφορά, και το ανθρώπινο δυναμικό. Οι κατασκευαστές ανταποκρίνονται συχνά στη μεταβλητή ζήτηση με την σταδιακή εφαρμογή των πιο περίπλοκων εργαλείων πρόβλεψης.

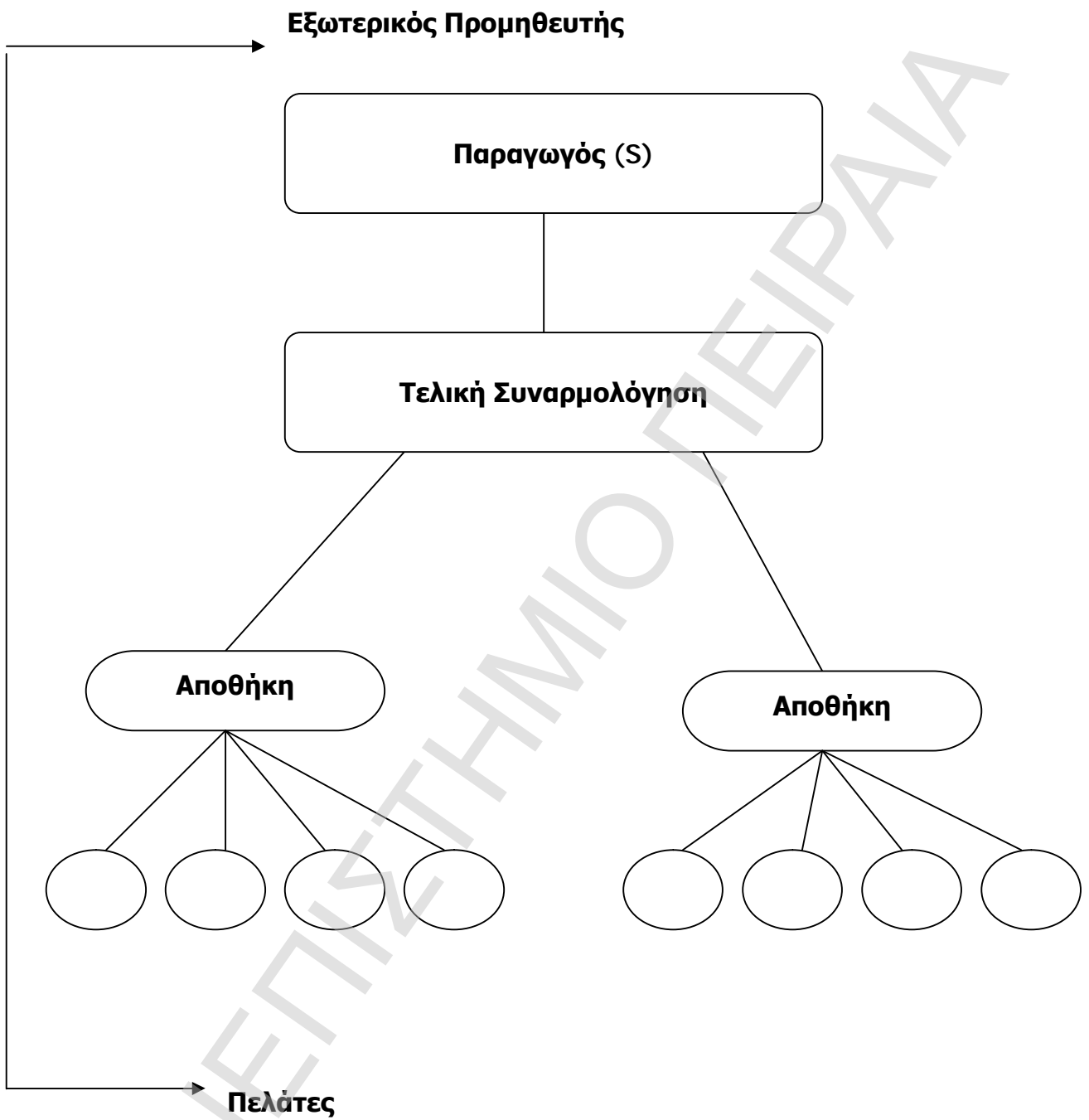
Ο όρος "Bullwhip effect" αναφέρεται στην μεγέθυνση της διακύμανσης της ζήτησης καθώς οι παραγγελίες "ανεβαίνουν" στην εφοδιαστική αλυσίδα. Ακόμα και οι πιο εξελιγμένες τεχνικές-μέθοδοι πρόβλεψης σε κάθε επίπεδο της εφοδιαστικής δεν μπορούν να εξολοθρεύσουν το φαινόμενο του "Bullwhip effect". Το φαινόμενο αυτό γίνεται όλο και πιο έντονο καθώς πληροφορίες και προϊόντα ρέουν μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα. Εκπληκτικά, κατά εξέταση των λιανικών αριθμών απαίτησης, οι κατασκευαστές συνήθως ανακαλύπτουν ότι η λιανική απαίτηση εκθέτει τη σχετικά χαμηλή μεταβλητότητα. Η επίδραση λοιπόν του όρου bullwhip αναφέρεται στην ενίσχυση της μεταβλητότητας απαίτησης καθώς οι διαταγές κινούνται επάνω στην αλυσίδα ανεφοδιασμού.

Οι παράγοντες δημιουργίας ή ανάπτυξης του φαινομένου του "Bullwhip effect" εστιάζονται στους παρακάτω τέσσερις αιτίες:

1. **Demand Signal Processing.** Πιο συγκεκριμένα όσο παρατηρούνται φαινόμενα αυξανόμενης ζήτησης οι εταιρείες

παραγγέλνουν ακόμα πιο πολύ από το αναμενόμενο δημιουργώντας τεχνητό υψηλό επίπεδο ζήτησης.

2. **The Rationing Game.** Σε περίπτωση ενδεχόμενης έλλειψης οι εταιρείες παραγγέλνουν παραπάνω από όσα χρειάζονται στοχεύοντας να παραλάβουν λιγότερα θεωρητικά από την παραγγελία αλλά ακριβώς όσα θα θελαν εξ' αρχής.
3. **Παραγγελίες κατά ομάδες.**
4. **Μεταβολές στις τιμές των Ά Υλών.**



Σχήμα 1.1 Σχηματική Απεικόνιση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΤΟ ΠΟΛΥΚΛΑΔΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

2.1 Περίληψη

Στο κεφάλαιο 2 θα γίνει εκτενής αναφορά στην έννοια πολυκλαδικό απόθεμα. Θα περιγραφούν όλα εκείνα τα στοιχεία τα οποία χαρακτηρίζουν την διαχείριση πολυκλαδικών αποθεμάτων καθώς επίσης και οι σχέσεις που θα πρέπει να διέπουν την κεντρική αποθήκη, τα ενδιάμεσα μέρη αποθήκευσης και τα τελικά σημεία λιανικής διάθεσης. Θα εστιάσουμε επίσης στα βασικά πλεονεκτήματα της διαχείρισης πολυκλαδικών αποθεμάτων.

Τέλος θα τεθούν βασικές ερωτήσεις που θα πρέπει η κάθε επιχείρηση να απαντήσει προκειμένου να σχεδιάσει την στρατηγική τόσο σε βραχυχρόνιο όσο και μακροχρόνιο ορίζοντα και θα διαχωρίσουμε τις αποφάσεις που σχετίζονται με την δομή και τον συντονισμό.

2.2 Πολυκλαδικά Αποθέματα

Στο σημείο αυτό θα ασχοληθούμε με τις περιπτώσεις όπου κάποιο προϊόν είναι αποθηκευμένο τόσο στην κεντρική αποθήκη αλλά όσο και στα σημεία ενδιάμεσης αποθήκευσης όσο και στα σημεία μεταπώλησης. Με άλλα λόγια θα κάνουμε αναφορά για αποθήκευση σε περισσότερες της μιας τοποθεσίας με την βασική διαφορά όμως ότι η διακίνηση, τροφοδοσία, επανατροφοδότηση γίνεται μόνο από τους ενδιάμεσους. Δεν θα υπάρξει με άλλα λόγια απευθείας επικοινωνία κεντρικής-αρχικής αποθήκης με τελικό σημείο πώλησης.

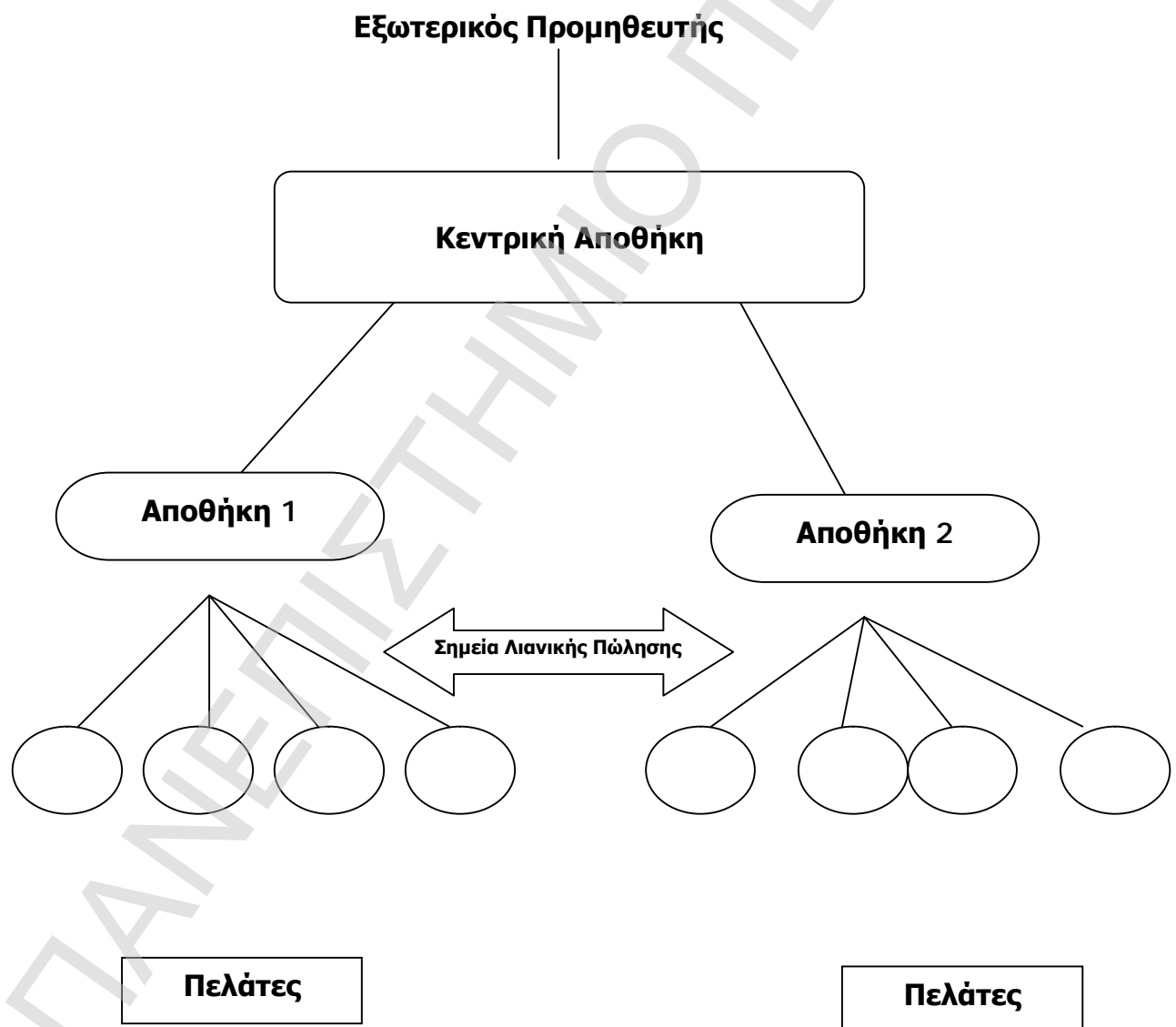
Θα πρέπει να κάνουμε κάποιες βασικές διακρίσεις. Τα σημεία λιανικής πώλησης τα οποία θα αποτελούν το πρώτο επίπεδο του κλάδου (1^ο επίπεδο echelon) σχετίζονται και συνδέονται άμεσα με το δεύτερο επίπεδο του κλάδου, τις διάφορες αποθήκες (2^ο επίπεδο echelon) όπου οι αποθήκες μπορούν να είναι είτε σημεία χονδρικής πώλησης είτε παρακλάδια της κεντρικής αποθήκης της εταιρείας. Όπως και να είναι ο δεύτερος αυτός

κλάδος σχετίζεται άμεσα με το τρίτο και τελευταίο κλάδο, την κεντρική αποθήκη (3^ο επίπεδο echelon).

Βασικό χαρακτηριστικό της παραπάνω περίπτωσης που μόλις αναφέρθηκε είναι η εξαρτημένη ζήτηση που χαρακτηρίζει τον κάθε κλάδο σε σχέση τόσο με τον επόμενο του όσο και με τον προηγούμενο. Πιο συγκεκριμένα το πόσο λοιπόν θα αποθηκεύσουμε στα τελικά σημεία λιανικής πώλησης θα εξαρτηθεί από την ζήτηση των πελατών ή τουλάχιστον από τις προβλέψεις για τις μελλοντικές ανάγκες. Το πόσο θα αποθηκεύσουμε στα σημεία χονδρικής πώλησης θα εξαρτηθεί από της ζήτηση που θα έχουν τα καταστήματα λιανικής πώλησης. Τέλος το ύψος του αποθέματος που διατηρούμε στην κεντρική αποθήκη εξαρτάται άμεσα από την ζήτηση που θα υπάρξει στο σημεία χονδρικής πώλησης, που όπως παρατηρήσαμε παραπάνω σχετίζεται άμεσα με την ζήτηση που υπάρχει ή τουλάχιστον ελπίζουμε ότι θα υπάρχει στα τελικά σημεία λιανικής διάθεσης του ή των προϊόντων μας. Η παραπάνω κατάσταση φέρει έντονα στοιχεία ομοιότητας με την διαδικασία της παραγωγής που γίνεται σε διαφορετικά επίπεδα και αφορά ανταλλακτικά τα οποία σχετίζονται και εξαρτώνται άμεσα το ένα με το άλλο και μάλιστα με σχέση ιεραρχίας. Βασική όμως παραδοχή για την συνέχεια της μελέτης μας είναι ότι θα ασχοληθούμε αποκλειστικά και μόνο με οτιδήποτε σχετίζεται με το απόθεμα. Δεν θα γίνει λόγος καθόλου για παραγωγή και οτιδήποτε φέρει σχέση η διαδικασία της παραγωγής.

Το βασικό πλεονέκτημα του πολυκλαδικού μοντέλου είναι ότι εξετάζει το σύστημα της εφοδιαστικής αλυσίδας σε όλο το μήκος. Αντικειμενικός σκοπός και προσπάθεια είναι η διατήρηση χαμηλού ποσοστού αποθέματος στην κεντρική αποθήκη και ελάχιστο απόθεμα στους εμπόρους λιανικής διάθεσης σε τέτοιο όμως βαθμό που δεν θα επηρεάζεται καθόλου το επίπεδο εξυπηρέτησης των πελατών. Αναζητείται λοιπόν ο καλύτερος δυνατός συνδυασμός ελαχιστοποίησης επενδυόμενου ποσού, όσον αφορά την αποθήκη, με μεγιστοποίηση εξυπηρέτησης πελατών. Η εξοικονόμηση που μπορεί να επιτευχθεί σε όλο το μήκος της αλυσίδας παρουσιάζει ενδιαφέρον μιας και παρέχεται η δυνατότητα να καθοριστεί, με υψηλά ποσοστά ακριβείας, το πλήθος του αποθέματος που θα πρέπει να κρατηθεί τόσο σε επίπεδο

τελικής διάθεσης του προϊόντος όσο και στο επίπεδο αρχικής αποθήκευσης στα κεντρικά της επιχείρησης.



Σχήμα 2.1 Πολυκλαδικό Μοντέλο

2.2 Αποφάσεις σχετικά με την Δομή και τον Συντονισμό

Βασικό σημείο της μελέτης αποτελεί η περιγραφή των αποφάσεων που σχετίζονται τόσο με την Δομή όσο και με τον Συντονισμό. Το πρώτο κομμάτι αναφέρεται στις αποφάσεις που έχουν σχέση με την Δομή. Το βασικό χαρακτηριστικό τους είναι ότι αποσκοπούν και αποβλέπουν πάντα σε μακροχρόνιο ορίζοντα (τουλάχιστον πάνω από δύο χρόνια) και λαμβάνονται με γνώμονα τα αποτελέσματα-οφέλη που θα δημιουργηθούν στο πιο μακρινό μέλλον και όχι στο άμεσο και εγγύς μέλλον. Βασικές ερωτήσεις που θα πρέπει να γίνουν και να απαντηθούν, όσον αφορά την δομή, εστιάζονται στα παρακάτω:

1. Εύρεσης της τοποθεσίας: του εργοστασίου από όπου θα γίνεται η παραγγελία και κατόπιν μεταφορά. Την τοποθεσία της κεντρικής αποθήκης της επιχείρησης, την τοποθεσία των ενδιάμεσων σημείων αποθήκευσης και τέλος τα σημεία τελικής διάθεσης του προϊόντος.
2. Πόσα από τα παραπάνω διαθέτουμε?
3. Σε τι μέγεθος διαθέτουμε όλα τα παραπάνω?
4. Πότε και σε ποιο μέγεθος θα πρέπει τα ήδη υπάρχοντα μεγέθη μας να επεκταθούν.
5. Ποιοι και πότε θα είναι υπεύθυνοι για την παραγωγή και διανομή ποιών προϊόντων?
6. Ποια μορφή μεταφοράς θα χρησιμοποιήσουμε για τα προϊόντα μας?

Το αποτέλεσμα των απαντήσεων των παραπάνω ερωτήσεων αποσκοπεί στην δημιουργία ενός δικτύου από λειτουργίες σχεδιασμένο για την παραγωγή και διανομή των προϊόντων πάντα βέβαια με κάποιες προϋποθέσεις, οι οποίες καθορίζονται από πολλούς και διαφορετικής κάθε φορά βαρύτητας παράγοντες .

Αποφάσεις που σχετίζονται με τον συντονισμό, οι οποίες σε αντίθεση με τις αποφάσεις δομής, εστιάζουν στο βραχυχρόνιο και εγγύς μέλλον. Βασικές ερωτήσεις που θα πρέπει τεθούν και να γίνει συστηματική προσπάθεια να απαντηθούν παρατίθενται παρακάτω:

1. Θα πρέπει να υπάρξει πολιτική αποθεμάτων βασισμένη στην κεντρική αποθήκη ή σε πολιτική αποκέντρωσης?
2. Θα πρέπει όλο το απόθεμα να κρατείται στα κεντρικά ή απλά θα πρέπει να το χρησιμοποιούμε σαν break-bulk λειτουργία?
3. Θα κρατάμε απόθεμα στα κεντρικά ή θα πρέπει να τα προωθούμε προς τα εμπρός στους εμπόρους λιανικής πώλησης?
4. Με ποιο τρόπο θα διαχειριστούμε περιπτώσεις περιορισμένου μεγέθους αποθέματος σε διαφορετικά σημεία που το χρειάζονται?

Τέλος θα πρέπει να αναφέρουμε ότι τα κόστη που σχετίζονται με αποφάσεις δομής πρώτιστος περιλαμβάνουν κάποια σταθερά λειτουργικά έξοδα αλλά και κάποια μεταβλητά λειτουργικά έξοδα καθώς επίσης και μεταφορικά έξοδα. Τα έξοδα που σχετίζονται με αποφάσεις συντονισμού αναφέρονται σε μεταβλητά λειτουργικά έξοδα, κόστη αποθέματος, κόστη που προκύπτουν από έκτακτες περιπτώσεις σχετικά με την μεταφορά. Ειδικότερα παραδείγματα δίνονται από τους Clark(1972), Goyal και Gunasekaran (1990) και μπορούν να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΠΟΛΥΚΛΑΔΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΓΝΩΣΤΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΖΗΤΗΣΗΣ

3.1 Περίληψη

Στο κεφάλαιο 3 θα μελετήσουμε την σχέση που υπάρχει μεταξύ του αποθέματος και της ιδανικής περίπτωσης όπου η ζήτηση είναι γνωστή και έχει σταθερό ρυθμό. Ο λόγος που θα γίνει αυτή η αναφορά είναι ότι η μελέτη αυτή της περίπτωσης μπορεί να αποτελέσει μια χρήσιμη πλατφόρμα για την δόμηση αναπληρωματικών ποσοτήτων στην περίπτωση όπου ο ρυθμός ζήτησης είναι άγνωστος.

Παρακάτω θα μιλήσουμε για διαδοχικά μέρη αποθήκευσης με τμηματική ζήτηση. Για χάριν ευκολίας θα θεωρήσουμε την πιο απλή περίπτωση όπου έχουμε μια κεντρική αποθήκη, μια ενδιάμεση αποθήκη στον έμπορο λιανικής και τέλος ένα μέρος όπου τα προϊόντα μας διατίθενται προς πώληση. Θα αναλύσουμε βασικά μεγέθη και θα δούμε την εξαρτημένη σχέση που υπάρχει μεταξύ κεντρικής αποθήκης και αποθήκης λιανικής πώλησης σχετικά με τις ποσότητες αναπλήρωσης. Θα δοθεί ο ορισμός της έννοιας του αποθέματος κλάδου (echelon stock) και θα δώσουμε τον τύπο υπολογισμού του αποθέματος κλάδου τόσο για την κεντρική αποθήκη όσο και για την αποθήκη του εμπόρου λιανικής. Αφού ολοκληρώσουμε όλα αυτά θα προσπαθήσουμε να παρουσιάσουμε τον υπολογισμό του συνολικού κόστους αποθέματος για το παράδειγμα δύο κλάδων συσχετιζόμενο με την μονάδα του χρόνου. Για να γίνει πιο κατανοητό το παράδειγμα θα γίνει αναφορά με συγκεκριμένη περίπτωση με συγκεκριμένα αριθμητικά μεγέθη.

Τέλος θα συζητήσουμε και κάποια άλλα αποτελέσματα που μπορεί να υπάρχουν σχετικά με την τμηματική ζήτηση.

3.2 Καθορισμένος ρυθμός ζήτησης

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να γίνει αναφορά στον τρόπο που καθορίζουμε ή προβλέπουμε την μελλοντική ζήτηση. Η πρόβλεψη αυτή βασίζεται κάθε φορά στα στοιχεία πωλήσεων του παρελθόντος. Σαν πρώτη περίπτωση μπορούμε να θεωρήσουμε την ιδιάζουσα συνθήκη όπου η ζήτηση

των πελατών ή γενικότερα του εξωτερικού περιβάλλοντος είναι γνωστή και με υψηλό ποσοστό βεβαιότητας. Το παραπάνω σενάριο μπορεί να μην ανταποκρίνεται απόλυτα στο σημερινό περιβάλλον ανταγωνισμού παρόλα αυτά η μελέτη και αναφορά του μπορεί να δώσει σημαντικά οφέλη για την ερευνά του πολυκλαδικού μοντέλου. Πιο συγκεκριμένα τα μοντέλα που θα μελετηθούν θα πρέπει να αποκαλύψουν τις βασικές επιδράσεις που υπάρχουν μεταξύ των ποσοτήτων που αναπληρώνουν η μια την άλλη σε διαφορετικό επίπεδο κλάδου. Σε δεύτερο πλάνο θα μπορούσε κάποιος να προσθέσει ότι η περίπτωση, όπου ο ρυθμός ζήτησης είναι γνωστός και καθορισμένος, όσο ιδιάζουσα και αν είναι θα μπορούσε να προσφέρει μια πλατφόρμα πληροφοριών για την δόμηση αναπληρωματικών ποσοτήτων στην περίπτωση όπου η ζήτηση δεν είναι γνωστή.

3.3 Διαδοχικά Μέρη αποθήκευσης με τμηματική ζήτηση

Ας θεωρήσουμε το πιο απλό παράδειγμα κλαδικού μοντέλου. Σε μια παρόμοια κατάσταση τα μέρη αποθήκευσης είναι άμεσα συνδεδεμένα και συσχετισμένα. Για παράδειγμα μια κεντρική αποθήκη, μια αποθήκη στο τελικό σημείο διάθεσης και τέλος ένα μέρος όπου τα προϊόντα μας τοποθετούνται προς πώληση. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να κάνουμε ακόμα μια παραδοχή. Θα υποθέσουμε ότι η παραγωγική διαδικασία ακολουθεί ευθεία γραμμή. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχουν ενδιάμεσες παρεμβολές και ότι κάθε στάδιο της παραγωγής σχετίζεται με το προηγούμενο και ακολουθείται από το επόμενο τα οποία είναι σαφώς καθορισμένα. Για χάρην ευκολίας θα υποθέσουμε ότι έχουμε την πιο απλή περίπτωση δύο επιπέδων που αποτελείται από την κεντρική αποθήκη (W) και τον αντιπρόσωπο τελικής λιανικής διάθεσης του προϊόντος (R). Παρακάτω παρατίθενται κάποια βασικά μεγέθη. Πιο συγκεκριμένα:

§ D = καθορισμένος, σταθερός και γνωστός ρυθμός ζήτησης που σχετίζεται με το τελικό σημείο λιανικής διάθεσης που δίνεται σε μονάδες προϊόντος ανά μονάδες χρόνου (συνήθως ενός χρόνου).

- § A_w = Σταθερό κόστος (εκκίνησης) που σχετίζεται με αναπληρώσεις στην αποθήκη και μετριέται σε κάποια μονάδα νομίσματος π.χ. δολάρια \$.
- § A_R = Σταθερό κόστος (εκκίνησης) που σχετίζεται με αναπληρώσεις στο τελικό σημείο λιανικής διάθεσης και μετριέται σε κάποια μονάδα νομίσματος π.χ. δολάρια \$.
- § U_w = Μεταβλητό κόστος του προϊόντος στην αποθήκη. Μονάδα μέτρησης αποτελεί (νόμισμα)\$ /μονάδα.
- § U_R = Μεταβλητό κόστος του προϊόντος στο τελικό σημείο λιανικής διάθεσης σε \$ /μονάδα.
- § R = κόστος μεταφοράς σε \$ /μονάδα.
- § Q_w = Αναπληρωμένες ποσότητες στην κεντρική αποθήκη σε μονάδες.
- § Q_R = Αναπληρωμένες ποσότητες στο τελικό σημείο λιανικής διάθεσης σε μονάδες.

Οι δύο μεταβλητές αποφάσεις που μπορούν κάλλιστα να ελεγχθούν είναι τα μεγέθη αναπλήρωσης των Q_w και Q_R τα οποία διέπει και άμεση μεταξύ τους σχέση. Αναλυτικότερα αν θεωρήσουμε την περίπτωση της γνωστής ζήτησης θα παρατηρηθεί ότι δεν έχει νόημα να έχουμε το Q_w σαν τίποτε άλλο παρά σαν ακέραιο πολλαπλάσιο του Q_R . Επομένως μπορεί να δημιουργηθούν δύο εναλλακτικές μεταβλητές απόφασης, τις Q_R και n όπου

$$Q_w = Q_R * n \text{ όπου } n = 1, 2, 3, 4... \quad 3.1$$

Το παραπάνω ισχύει γιατί όλες οι "απώλειες" από την αποθήκη είναι μεγέθους Q_R . Στην προσπάθεια καθορισμού του επιπέδου αποθέματος που θα πρέπει να διατηρείται στους διαφορετικούς κλάδους κρίνεται αναγκαία η εισαγωγή του όρου αποθέματος κλάδου (echelon stock).

Σαν απόθεμα κλάδου του j κλάδου (αναφερόμαστε γενικότερα σε πολυκλαδικό σύστημα) θεωρούμε τον αριθμό των μονάδων που είναι στο σύστημα ή έχουν περάσει από αυτό αλλά δεν έχουν όμως δεσμευτεί σε εξωτερικούς πελάτες *Clark & Scarf (1960)*. Στην περίπτωση όπου επιτρέπονται ανεκτέλεστες παραγγελίες το απόθεμα κλάδου μπορεί να λάβει αρνητική τιμή.

Αν λάβουμε υπόψη την παραπάνω παραδοχή τότε θα δούμε ότι κάθε απόθεμα κλάδου έχει μια μέθοδο να πριονίζει τον χρόνο και για αυτό το λόγο είναι πιο εύκολο να υπολογίζουμε τη μέση αξία του αποθέματος κλάδου. Παρόλα αυτά δεν μπορούμε απλά να πολλαπλασιάσουμε το μέσο απόθεμα κλάδου με το προκαθορισμένο U_R (Μεταβλητό κόστος του προϊόντος στο τελικό σημείο λιανικής διάθεσης σε \$/μονάδα) με σκοπό να έχουμε το συνολικό κόστος μεταφοράς αποθέματος και η αιτία για το παραπάνω είναι ότι η ίδια φυσική μονάδα αποθέματος μπορεί να εμφανιστεί σε πάνω από ένα αποθέματα κλάδου. Στην περίπτωση της διαδικασίας των δύο επιπέδων το πραγματικό ενεργό τελικό απόθεμα υπολογίστηκε τόσο στο τελικό απόθεμα κλάδου όσο και της αποθήκης. Η λύση για το δίλημμα αυτό εστιάζεται στο να υπολογίσουμε σε κάθε συγκεκριμένο απόθεμα κλάδου μόνο την προστιθέμενη αξία στον συγκεκριμένο κλάδο. Όταν έρθει η ώρα της απόφασης σχετικά με τον αν θα αποθηκεύσουμε πιο πολύ προς την μεριά της αποθήκης ή προς την μεριά των εμπόρων λιανικής, το κόστος αποθέματος αποτελεί τον βασικό παράγοντα αύξησης του κόστους μετακίνησης του προϊόντος για τον έμπορο λιανικής. Το ποσό αυτό της αύξησης αποτελεί το ακριβές κόστος αποθέματος του κλάδου. Τώρα σχετικά με το παράδειγμα των δύο επιπέδων έχουμε τα παρακάτω:

Το απόθεμα κλάδου της αποθήκης υπολογίζεται σε $U'_W = U_W$ ενώ του εμπόρου λιανικής ορίζεται μόνο στο $U'_R = U_R - U_W$. Αν θέλουμε τώρα να γενικεύσουμε θα λέγαμε ότι η εκτίμηση του κλάδου u' σε συγκεκριμένο στάδιο i δίνεται από τον τύπο:

$$U'_i = U_i - \sum U_j \quad 3.2$$

όπου όλο το άθροισμα είναι πάνω στους άμεσους προκατόχους του j . Αν γυρίσουμε στο δύο σταδίων μοντέλο θα δούμε ότι το συνολικό κόστος συσχετιζόμενο με την μονάδα χρόνου δίνεται από τον τύπο:

$$TRC(Q_w, Q_R) = \frac{A_w D}{Q_w} + \bar{I}'_w U'_w r + \frac{A_R D}{Q_R} + \bar{I}'_R U'_R r \quad 3.3$$

Όπου:

\bar{I}'_w = ο μέσος όρος της αξίας της κεντρικής αποθήκης του αποθέματος του κλάδου σε μονάδες.

\bar{I}'_w' = ο μέσος όρος της αξίας του αποθέματος κλάδου στο τελικό σημείο λιανικής διάθεσης σε μονάδες.

Αν ληφθεί υπόψη ο τύπος $Q_w = n Q_R$ όπου $n = 1, 2, 3, 4, \dots$ και γίνουν οι απαραίτητες αντικαταστάσεις θα έχουμε:

$$\begin{aligned} TRC(n, Q_R) &= \frac{A_w D}{n Q_R} + n \frac{Q'_R u'_w r}{2} + \frac{Q_R u'_R r}{2} \\ &= \frac{D}{Q_R} \left(A_R + \frac{A_w}{n} \right) + \frac{Q_R r}{2} (n u'_w + u'_R) \end{aligned} \quad 3.4$$

Επόμενο βήμα είναι η εύρεση των τιμών του n (που είναι ακέραιος) και του Q_R που ελαχιστοποιούν την εξίσωση

Η παραπάνω ενέργεια επιτυγχάνεται με τον παρακάτω αλγόριθμο:

Βήμα 1: Υπολογισμός

$$n^* = \sqrt{\frac{A_w u'_R}{A_R u'_w}} \quad 3.5$$

Εάν το n^* είναι ακέραιος τότε πήγαινε στο βήμα 4 με $n=n^*$.

Εάν το $n^* < 1$, πήγαινε πάλι στο βήμα 4 με $n=1$.

Αλλιώς συνέχισε κανονικά με το βήμα 2

Βήμα 2: Εξασφάλιση των δύο ακεραίων n_1 και n_2 , που περιβάλλουν το n^* .

Βήμα 3: Εκτίμηση

$$F(n_1) = \left[A_R + \frac{A_w}{n_1} \right] [n_1 u'_w + u'_R]$$

και

$$F(n_2) = \left[A_R + \frac{A_w}{n_2} \right] [n_2 u'_w + u'_R] \quad 3.6$$

Εάν $F(n_1) \leq F(n_2)$, κάνε χρήση του $n=n_1$

Εάν $F(n_1) > F(n_2)$, κάνε χρήση του $n=n_2$

Βήμα 4: Εκτίμηση

$$Q_R = \sqrt{\frac{2 \left[A_R + \frac{A_w}{n} \right] D}{[n u'_w + u'_R] r}} \quad 3.7$$

Βήμα 5: Υπολογισμός

$$Q_w = n Q_R$$

Η παραπάνω λογική θα γίνει πιο κατανοητή με την βοήθεια ενός παραδείγματος με συγκεκριμένα μεγέθη. Ας θεωρήσουμε την περίπτωση συγκεκριμένου προϊόντος το οποίο έρχεται σε υγρή μορφή και η επιχείρηση αγοράζει σε μεγάλες ποσότητες. Κατόπιν το χωρίζει σε πολλές μικρές ποσότητες και το τοποθετεί στην τελική συσκευασία. Στην περίπτωση αυτή η αποθήκη ανταποκρίνεται στην συσκευασία του αγαθού και τα τελικά σημεία λιανικής πώλησης ανταποκρίνονται σε όλες εκείνες τις ενέργειες που έπονται της συσκευασίας. Η ζήτηση για αυτή την περίπτωση θα υποθέσουμε ότι είναι σχεδόν γνωστή και ακολουθεί ένα συγκεκριμένο ρυθμό της τάξης των **1000 λίτρων** ανά έτος. Η κατά μονάδα αξία του προϊόντος στην χύμα μορφή (U'_w ή U_w) είναι **1\$/λίτρο** ενώ η αξία μετά την διαδικασία τεμαχισμού και

συσκευασίας είναι $U'_R = U_R - U_W$ είναι **4\$/λίτρο**. Το A_w (σταθερό κόστος (εκκίνησης) που σχετίζεται με αναπληρώσεις στην αποθήκη και μετρείται σε κάποια μονάδα νομίσματος π.χ. δολάρια \$) είναι 10\$, ενώ το A_R είναι 15\$. Τέλος η εκτίμηση της χρέωσης μεταφοράς είναι 0,24\$/\$/έτος.

Βήμα 1:

$$n^* = \sqrt{\frac{A_w u'_R}{A_R u'_w}} = \sqrt{\frac{(10)(4)}{(15)(1)}} = 1,63$$

Βήμα 2:

$$n_1 = 1$$

$$n_2 = 2$$

Βήμα 3:

$$F(1) = \left[15 + \frac{10}{1} \right] [1 + 4] = 125$$

$$F(2) = \left[15 + \frac{10}{2} \right] [(2)(1) + 4] = 120$$

επομένως βλέπουμε ότι $F(1) > F(2)$, κάνε χρήση του $n = n_2 = 2$

Βήμα 4:

$$Q_R = \sqrt{\frac{2 \left[15 + \frac{10}{2} \right] 1,000}{[(2)(1) + 4] 0,24}} \approx 167 LT$$

Βήμα 5:

$$Q_w = (2) (167) = 334 \text{ λίτρα}$$

Το τελικό συμπέρασμα είναι ότι δουλεύουμε με 334 λίτρα κάθε φορά. 167 λίτρα διαχωρίζονται και συσκευάζονται αμέσως. Όταν αυτά τα 167 λίτρα τελειώσουν ξεκινά να τρέχει μια δεύτερη διαδικασία συσκευασίας 167 λίτρων. Όταν τελειώσει και αυτό ξεκινά νέος κύκλος από 334 λίτρα.

3.4 Άλλα αποτελέσματα σχετικά με την περίπτωση της τμηματικής ζήτησης

Για το προηγούμενο παράδειγμα που αναλύσαμε ο Szendrovits (1975) προτείνει έναν διαφορετικό τύπο ελέγχου διαδικασιών. Πιο συγκεκριμένα προτείνει την μετακίνηση υποομάδων αγαθών μεταξύ διαδικασιών. Ο βασικός λόγος για την πρόταση αυτή είναι η προσπάθεια επίτευξης μικρότερου κύκλου παραγωγής μέσω της υπερπήδησης, αν είναι βέβαια εφικτό, μεταξύ διαδικασιών. Υπό συγκεκριμένες συνθήκες η τεχνική αυτή μπορεί να αποδώσει καλύτερα σε σχέση βέβαια τα όσα έχουν προαναφερθεί.

Ένας αρκετά μεγάλος αριθμός συγγραφέων έχει μελετήσει συστήματα σε μια πιο γενική μορφή από το σειριακό σύστημα που μελετήσαμε πιο πριν. Ο Schwarz (1973) μελετά την περίπτωση όπου υπάρχει μια αποθήκη και n σημεία τελικής διάθεσης. Για παράδειγμα $n \geq 3$. Η προαναφερθείσα στρατηγική μπορεί να γίνει ιδιαίτερα πολύπλοκη μιας και απαιτεί η ποσότητα παραγγελίας σε μια ή περισσότερες τοποθεσίες να ποικίλει σε σχέση με τον χρόνο παρόλο που όλοι οι σχετικοί παράγοντες ζήτησης και κόστους είναι ανεξάρτητοι από τον χρόνο.

Σε μια γενικότερη μορφή δίνονται οι παρακάτω περιορισμοί:

1. Η πολιτική είναι εμφωλιασμένη, το οποίο σημαίνει ότι η αναπλήρωση δεν μπορεί να αφορά μόνο μια διαδικασία εκτός και αν αναφέρεται και σε άμεσα συσχετισμένες διαδικασίες.
2. Η πολιτική είναι σταθερή, το οποίο σημαίνει ότι ο χρόνος μεταξύ των αναπληρώσεων είναι μια σταθερά.
3. Υπάρχει αρχική-βασική περίοδο σχεδιασμού και κάθε παρεμβατική επαναπαραγγελία θα πρέπει να είναι ακέραιο πολλαπλάσιο αυτής της περιόδου.
4. Ο χρόνος μεταξύ αναπληρώσεων σε οποιοδήποτε στάδιο θα πρέπει να είναι 1 ή 2 ή 4 ή 8 ...φορές η παρέμβαση μεταξύ αναπληρώσεων σε κάθε επόμενο στάδιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.0 - ΠΟΛΥΚΛΑΔΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΑΓΝΩΣΤΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΖΗΤΗΣΗΣ

4.1 Περίληψη

Στο κεφάλαιο αυτό ξεκινάμε να διαπραγματευόμαστε την έννοια της διαχείρισης των πολυκλαδικών αποθεμάτων με την ζήτηση να είναι μεταβαλλόμενη από τον χρόνο και ύστερα την περίπτωση όπου η ζήτηση να είναι τελείως άγνωστη.

Θα προσπαθήσουμε να βρούμε το συνολικό κόστος αποθέματος, όπως και στο κεφάλαιο 3, και θα δώσουμε ένα αριθμητικό παράδειγμα για να το γίνει πιο κατανοητή η όλη διαδικασία.

Τέλος θα γίνει εκτενής αναφορά στην στοχαστική ζήτηση, στα συστήματα τα οποία χαρακτηρίζονται από τέτοια μορφή ζήτησης, τις διαρροές που αντιμετωπίζουν τα συστήματα αυτά, τους παράγοντες που περιπλέκουν παρόμοιες καταστάσεις και τις διαφορετικές προσεγγίσεις που έχουν προταθεί για την αντιμετώπιση αυτών των πολυπλοκοτήτων. Θα μιλήσουμε για κεντρικό έλεγχο και διαφορετικές πολιτικές πληροφόρησης και λήψης αποφάσεων.

4.2 Πολυκλαδικά σημεία αποθέματος με ζήτηση μεταβαλλόμενη από τον χρόνο

Την στιγμή αυτή η μελέτη είναι στο σημείο όπου τα μεγέθη χρήσης του τελικού αγαθού είναι γνωστά αλλά ποικίλουν από περίοδο σε περίοδο. Με άλλα λόγια ο ρυθμός ζήτησης δεν είναι γνωστός και διαφέρει από περίοδο σε περίοδο. Επίσης τα κόστη μεταφοράς αναφέρονται μόνο σε αποθέματα τέλους περιόδου. Για χάρην ευκολίας η παρακάτω προσπάθεια βασίζεται στην εργασία των *Blackburn και Millen (1982)* και θα εστιάσει στην σειριακή διαδικασία δύο σταδίων που έχει προαναφερθεί στο κεφάλαιο 3. Θα πρέπει να λάβουμε

υπόψη ότι η επιλογή στρατηγικής αναπλήρωσης στο τελικό σημείο λιανικής διάθεσης δεν επηρεάζεται από τις συνέπειες κόστους στην αποθήκη.

Έχοντας στο μυαλό μας όλα τα παραπάνω θα προσπαθήσουμε να αναπτύξουμε μια διαδικασία η οποία θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακολουθιακά αλλά θα είναι σε θέση να "αναγνωρίζει" τις ιδιότητες ανεξαρτησίας που χαρακτηρίζουν τους παράγοντες κόστους.

Παρακάτω κάνουμε χρήση της εξίσωσης 3.4 που αναλύσαμε πιο πριν. Πιο συγκεκριμένα:

$$TRC(Q_w, Q_R) = \frac{D}{Q_R} \left(A_R + \frac{A_w}{n} \right) + \frac{Q_R r}{2} (nu'_w + u'_R) \quad 4.1$$

όπου

$$Q_w = n Q_R \quad 4.2$$

Η παραπάνω εξίσωση είναι ανάλογη με πρόβλημα ενός κλάδου εάν το προσαρμοσμένο σταθερό fixed κόστος μιας αναπλήρωσης είναι:

$$A_R = A_R + \frac{A_w}{n} \quad 4.3$$

και η προσαρμοσμένη μονάδα μεταβλητού κόστος ανά τεμάχιο είναι:

$$u_R = nu'_w + u'_R \quad 4.4$$

Ας σημειωθεί ότι ο όρος A_w/n αντανακλά ότι υπάρχει εγκατάσταση αποθήκης κάθε n -οστού σημείου τελικής λιανικής διάθεσης. Εάν είχαμε πολύ καλή εκτίμηση του n θα μπορούσαμε να κάνουμε χρήση των βημάτων 1 έως 3. Έχουμε:

$$n = \max \left[\sqrt{\frac{A_w u'_R}{A_R u'_w}}, 1 \right] \quad 4.5$$

4.3 Αριθμητικό Παράδειγμα

Για να γίνει πιο κατανοητή η παραπάνω διαδικασία, καθώς και των μεγεθών A_R και U_R , θα γίνει με την βοήθεια ενός αριθμητικού παραδείγματος. Ας θεωρήσουμε μια διαδικασία δύο σταδίων όπου $A_W = \$30$, $A_R = \$20$, $U_W = \$2/\text{μονάδα}$ και $U_R = \$7/\text{μονάδα}$. Από τα προηγούμενα έχουμε

$$U'_R = U_R - U_W = \$5/\text{μονάδα}$$

$$U'_W = U_W = \$2/\text{μονάδα}$$

Κάνοντας χρήση της παραπάνω εξίσωσης έχουμε:

$$\begin{aligned} n &= \max \left[\sqrt{\frac{(30)(5)}{(20)(2)}}, 1 \right] \\ &= \max [1,94,1] \\ n &= 1,94 \end{aligned}$$

και αν κάνουμε τις απαραίτητες εξισώσεις έχουμε:

$$A_R = 20 + \frac{30}{1,94} = \$35,46$$

kai

$$U_R = 1,94(2,00) + 5,00 = \$8,88/\text{μονάδα}$$

4.4 Πιθανολογική Ζήτηση

Η πιθανολογική ζήτηση δημιουργεί νέες συνθήκες και απαιτεί ιδιαίτερα πολύπλοκα μοντέλα σε περιπτώσεις πολυκλαδικών αποθεμάτων. Η ανάλυση μας θα βασιστεί σε ένα απλό μοντέλο διανομής τριών κλάδων. Αν υποθέσουμε ότι υπάρχει πάντα επαρκές απόθεμα οι χρόνοι παράδοσης στα διάφορα μέρη της εφοδιαστικής μας αλυσίδας είναι τα παρακάτω:

- Υποκατάστημα στο τελικό σημείο Λιανικής πώλησης: 1 εβδομάδα
- Κεντρική Αποθήκη στο Υποκατάστημα: 1 εβδομάδα
- Προμηθευτής στο κεντρικό: 3 εβδομάδες

Βασικό σημείο προβληματισμού αποτελεί το γεγονός ότι σε κάθε επίπεδο το απόθεμα το οποίο θα διατηρούμε δεν μπορεί να ληφθεί σαν ανεξάρτητη απόφαση ή στρατηγική σε σχέση, πάντα, με τα άλλα αποθέματα των άλλων κλάδων. Στην περίπτωση που θεωρούσαμε τον κάθε κλάδο ανεξάρτητο από τα άλλα επίπεδα οι αποφάσεις σχετικά με το αν θα χρειαζόταν να γίνει αναπλήρωση ή όχι θα πρέπει να βασίζεται σε παράγοντες όπως:

1. Παράγοντες κόστους και παράγοντες εξυπηρέτησης.
2. Προβλεπόμενη ζήτηση που βασίζεται σε ιστορικά στοιχεία που έχουν παρατηρηθεί.
3. Χρόνοι αναπλήρωσης σχετικά με χρόνους παράδοσης σχετικά με το επόμενο επίπεδο όπου θα χρειαστεί αναπλήρωση το απόθεμά μας.

Παρόλα αυτά τέτοια συστήματα έχουν τρεις βασικές διαρροές. Η πρώτη διαρροή εστιάζεται στο γεγονός των χρόνων παράδοσης που παρατηρούνται και αυτό γιατί η εξυπηρέτηση στο τελικό σημείο λιανικής διάθεσης καθώς επίσης και ο χρόνος παράδοσης των εμπορευμάτων του εξαρτάται άμεσα από το αν υπάρχει διαθέσιμο απόθεμα στην κεντρική αποθήκη. Αν υπάρχει τότε απλά ο χρόνος παράδοσης ορίζεται σαν ο χρόνος μεταφοράς συν όποιο χρόνο χρειάζεται για την διαδικασία της παραγγελιοληψίας. Στην περίπτωση όπου δεν υπάρχει διαθέσιμο απόθεμα τότε ο χρόνος παράδοσης μπορεί να είναι ο χρόνος μεταφοράς από το κεντρική αποθήκη στο τελικό σημείο λιανικής διάθεσης συν τον χρόνο που θα μεσολαβήσει από την στιγμή που θα δοθεί η παραγγελία στον προμηθευτή μέχρι το χρονικό διάστημα που θα μεσολαβήσει μέχρι ο προμηθευτής να παραδώσει το εμπόρευμα στην κεντρική αποθήκη.

Ο δεύτερος βασικός παράγοντας διαρροής εστιάζεται στο γεγονός ότι αγνοούνται όλοι οι συσχετιζόμενοι παράγοντες κόστους από το ένα επίπεδο στο άλλο καθώς επίσης και κάθε είδους στρατηγική παραγγελίας. Ο τρίτος παράγοντας αναφέρεται στο γεγονός όπου ακόμα και η ζήτηση του πελάτη

είναι αρκετά προβλέψιμη και ομαλή οι παραγγελίες, όσο ανεβαίνουμε επίπεδα, σταδιακά αυξάνονται σε ποσότητα αλλά γίνονται όλο και λιγότερο συχνές. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *bullwhip effect* και το αναλύσαμε στην αρχή του κεφαλαίου. Η κεντρική αποθήκη έρχεται αντιμέτωπη με ένα υπόδειγμα ζήτησης το οποίο αποτελείται από διάσπαρτες και μη συχνές διεκπεραιώσεις, όσον αφορά παραγγελίες, ισομεγέθεις όμως με τις παραγγελίες αναπλήρωσης που γίνονται στις ενδιάμεσες αποθήκες. Στην περίπτωση όπου η στρατηγική της εταιρείας προέβλεπε αποκεντρωτικό σύστημα ελέγχου η κεντρική αποθήκη θα ήταν υποχρεωμένη να διατηρεί μεγάλες ποσότητες αποθεμάτων προκειμένου να διαφυλαχθεί από τις μη σταθερές συχνότητας μορφές ζήτησης ακόμα και στην περίπτωση όπου η τελική ζήτηση παρουσιάζει σχετικά σταθερή πορεία. Στην περίπτωση τώρα όπου θα χρησιμοποιηθεί σύστημα κεντρικού ελέγχου απαιτείται σταθερή, αξιόπιστη και αδιάκοπη επικοινωνία σχετικά με τα επίπεδα των αποθεμάτων αλλά και της ζήτησης στα διάφορα σημεία. Παρόλα αυτά όμως ο αριθμός των εξαρτημένων μεταβλητών απόφασης ολοένα και αυξάνεται.

Άλλοι παράγοντες που περιπλέκουν την κατάσταση περιλαμβάνουν:

1. Πως ορίζουμε την έννοια της εξυπηρέτησης σε ένα πολυκλαδικό σύστημα? Είθισται η εξυπηρέτηση να μετριέται στο χαμηλότερο επίπεδο του κλάδου. Στην περίπτωση όμως του πολυκλαδικού μοντέλου εξάντληση του αποθέματος σε ένα υψηλότερο επίπεδο έχει μια δευτερεύουσα επίδραση στην εξυπηρέτηση: επιμηκύνει τον χρόνο παράδοσης για κλάδο χαμηλότερου επιπέδου το οποίο με την σειρά του μπορεί να προκαλέσει δυσλειτουργίες στην εξυπηρέτηση πελατών. Θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι το επίπεδο ασφαλείας του αποθέματος μας σε συγκεκριμένο κλάδο έχει επιπτώσεις στην εξάντληση του αποθέματος σε άλλο κλάδο. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι θα πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί προκειμένου να αποφύγουμε λάθη στα επίπεδα ασφαλείας των αποθεμάτων μας.
2. Ας υποθέσουμε ότι η δευτερεύουσα αποθήκη τοποθετεί παραγγελίες ύψους Q_b στην κεντρική αποθήκη. Τι γίνεται στην περίπτωση όπου το

ήδη υπάρχον απόθεμα στην κεντρική αποθήκη είναι λιγότερο από Q_b ?
Η παράδοση γίνεται με ό,τι έχουμε ή αναστέλλεται έως ότου είναι σε θέση για την πλήρη παράδοση?

3. Τι γίνεται με την περίπτωση επείγουσας παράδοσης από την κεντρική αποθήκη στο τελικό σημείο λιανικής διάθεσης?
4. Σε πιο πολύπλοκα πολυκλαδικά μοντέλα επιτρέπεται η μεταφορά μεταξύ σημείων στο ίδιο επίπεδο κλάδου?
5. Για ακόμα πιο πολύπλοκες δομές κλάδων όπου μια κεντρική αποθήκη εξυπηρετεί διαφορετικά σημεία αποθέματος για το επόμενο επίπεδο κλάδου η κεντρική αποθήκη είναι πολύ πιθανό να υιοθετήσει πολιτική κατανομής όταν αντιμετωπίζει πολλαπλές απαιτήσεις με μη ικανοποιητικό επίπεδο αποθέματος.

Όλα τα παραπάνω έχουν αποτελέσει αντικείμενο μελέτης για πολλούς διακεκριμένους επιστήμονες οι οποίοι στην προσπάθεια τους να δώσουν απάντηση ανέπτυξαν διαφορετικές προσεγγίσεις προκειμένου να αντιμετωπίσουν αυτές τις πολυπλοκότητες. Μια προσπάθεια είναι η προσέγγιση ενός πολύπλοκου προβλήματος με ένα πιο απλό και πιο εύκολα επιλύσιμο. Μια δεύτερη προσέγγιση είναι ο περιορισμός της πολιτικής αποθέματος. Όπως και να έχει το βασικό σημείο προσοχής είναι η σύνδεση μεταξύ των κλάδων. Σχετικά τώρα με την σύνδεση αυτή τρεις προσεγγίσεις έχουν αναπτυχθεί. Η πρώτη και πιο ευρέως διαδεδομένη χρησιμοποιεί και βρίσκει ή υπολογίζει τους χρόνους διανομής από πάνω προς τα κάτω, από την κεντρική αποθήκη μέχρι σημείο όπου το προϊόν διατίθεται. Η δεύτερη προσέγγιση βρίσκει ή υπολογίζει τον συνολικό αριθμό παραγγελιών που έχει δώσει το κάθε κατάστημα λιανικής διάθεσης. Η Τρίτη προσέγγιση ακολουθεί κάθε μονάδα ζήτησης και την αντιστοιχεί με μια μονάδα προσφοράς, υπολογίζοντας κόστος από όλες τις πληροφορίες που συνοδεύουν όλη αυτή την διαδικασία. *Svoronos & Zipkin (1988)*, *Axsäter (1993)*, και *Chen & Zheng (1997)* είναι εργασίες που κάνουν χρήση αυτής της προσέγγισης

Ξέχωρα όμως με όλες αυτές τις πολυπλοκότητες *Muckstadt & Thomas (1980)* υποστηρίζουν ότι ακόμα και τώρα αξίζει να γίνει χρήση πολυκλαδικών

διαδικασιών ελέγχου. Οι συγγραφείς αυτοί παρουσιάζουν σημαντικά οφέλη σε περίπτωση στρατιωτικών προμηθειών και ο *Lawrence (1977)* κάνει ακριβώς το ίδιο για ένα σύστημα διανομής εμπορικής επιχείρησης. Η αντίθετη άποψη, *Hausman & Erkip (1994)*, διαφωνεί τονίζοντας ότι τροποποιημένα μοντέλα ενός κλάδου οδηγούν σε μικρά λάθη κόστους για προϊόντα χαμηλής έντασης και υψηλού κόστους. Παρόλα αυτά είναι ξεκάθαρο ότι σε πολλές περιπτώσεις οι πολυκλαδικές τεχνικές είναι πολύτιμες και μπορούν να οδηγήσουν σε αξιολογες βελτιώσεις όσον αφορά κόστος και εξυπηρέτηση.

Καθώς προχωράμε στην μελέτη μας θα εστιάσουμε σε δύο κατευθύνσεις: τοπική ενάντια σε καθολική πληροφόρηση και κεντρικός έλεγχος ενάντια με την αποκέντρωση, να μοιραστεί δηλαδή ο έλεγχος τοπικά. Οι τοπικές πληροφορίες υπονοούν ότι κάθε τοποθεσία βλέπει την ζήτηση μόνο από την σκοπιά της παραγγελίας που έρχεται από την τοποθεσία που την τροφοδοτεί κατευθείαν. Επίσης έχει περιορισμένη ορατότητα σχετικά με τα επίπεδα αποθεμάτων και γενικά με τα κόστη. Η καθολική πληροφόρηση υπονοεί ότι αυτός ο οποίος λαμβάνει τις αποφάσεις έχει καθολική εικόνα του επιπέδου των αποθεμάτων, της ζήτησης αλλά και του κόστους σε όλα το φάσμα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ο κεντρικός έλεγχος υποστηρίζει ότι οι αποφάσεις λαμβάνονται με γνώμονα το καθολικό καλό της εφοδιαστικής αλυσίδας και όχι μεμονωμένων επιπέδων. Ο κεντρικός έλεγχος χαρακτηρίζεται συχνά με συστήματα πίεσης μιας και οι αποφάσεις που λαμβάνονται σε κεντρικό επίπεδο πιέζουν τα αποθέματα στις τοποθεσίες που τις χρειάζονται περισσότερο. Η αντίθετη άποψη υποστηρίζει ότι ο έλεγχος με βάση την αποκέντρωση χαρακτηρίζεται με *pull* συστήματα και αυτό γιατί οι ανεξάρτητες αποφάσεις που λαμβάνονται συχνά «τραβάνε» απόθεμα από τους προμηθευτές τους.

Η καλύτερη λύση είναι η επίτευξη καθολικής πληροφόρησης με κεντρικό σύστημα ελέγχου και αυτό γιατί οι αποφάσεις λαμβάνονται έχοντας γνώση αλλά και ορατότητα σε ολόκληρο το σύστημα κάνοντας χρήση των πληροφοριών που βρίσκονται σε όλες τις τοποθεσίες. Μεγάλες αναπληρώσεις αποθεμάτων από κάτω προς τα πάνω σιγά σιγά ελαχιστοποιούνται. Όπως και να έχει οι τρεις λύσεις απαιτούν συνεργασία και συντονισμό κατά μήκος όλων των διαδικασιών και πολλές φορές ξέχωρα από αυτές.

Πίνακας 4.1 Πληροφορίες και έλεγχος

Έλεγχος®	Κεντρικός Έλεγχος	Αποκέντρωση
Πληροφόρηση		
Καθολικός έλεγχος	<ul style="list-style-type: none">• VMI^{*1}• DRP^{*2}	<ul style="list-style-type: none">• DRP• Base Stock Control System
Τοπικός Έλεγχος	Δεν υφίσταται	<ul style="list-style-type: none">• Μεταβλητοί Lead Times

*1: Vendor Management Inventory

*2: Distribution Requirements Planning

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.0 - ΒΑΣΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ– ΔΕΝΔΡΟΕΙΔΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

5.1 Περίληψη

Στο κεφάλαιο 5 θα αναλύσουμε την έννοια του βασικού συστήματος ελέγχου αποθέματος με σκοπό να ξεδιαλύνουμε το πρόβλημα που δημιουργείται σχετικά με το αν η απόφαση παραγγελιάς θα στηρίζεται στην ζήτηση κατώτερου επιπέδου. Θα μιλήσουμε για τον όρο Θέση Αποθέματος και την σχέση που έχει με το σημείο επαναπαραγγελίας. Θα αναλύσουμε τον τρόπο επιλογής του σημείου επαναπαραγγελίας τόσο για την κεντρική αποθήκη όσο και για τα σημεία λιανικής διάθεσης. Για να γίνουν πιο κατανοητά τα παραπάνω θα παραθέσουμε συγκεκριμένο αριθμητικό παράδειγμα.

Θα μιλήσουμε για συστήματα όπου η δομή τους μοιάζει με δένδρο. Η ανάλυση θα εστιάσει σε δύο παραδείγματα. Στην μια περίπτωση θα μιλήσουμε για δενδροειδή κατάσταση χωρίς απόθεμα στην αποθήκη, δίνοντας ταυτόχρονα και ένα αριθμητικό παράδειγμα. Στην άλλη περίπτωση θα μιλήσουμε για δενδροειδή κατάσταση με απόθεμα στην κεντρική αποθήκη. Σκοπός μας είναι να ξεδιαλύνουμε τις πολυπλοκότητες που παρουσιάζονται αλλά και την σημασία που έχει η διαθεσιμότητα των πληροφοριών κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας.

5.2 Βασικό σύστημα ελέγχου αποθέματος

Το βασικό σύστημα ελέγχου αποθέματος είναι η απάντηση στις δυσκολίες κάθε κλάδου σχετικά με την απόφαση αν θα παραγγείλουν ξανά με γνώμονα την ζήτηση του επόμενου κατώτερου επιπέδου κλάδου. Το βασικό σημείο αλλαγής είναι να γίνει η ζήτηση των προϊόντων του τελευταίου επιπέδου εύκαιρη για αποφάσεις σε κάθε σημείο συγκέντρωσης αποθεμάτων. Κάτι τέτοιο είναι σίγουρο ότι απαιτεί ένα αποτελεσματικό σύστημα πληροφόρησης, όπως το EDI (Electronic Data Interchange) το οποίο παρέχει σωστές και υψηλής ακρίβειας πληροφορίες. Ξέχωρα από όλα αυτά απαιτείται

υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας έτσι ώστε οι εταιρείες να είναι διατεθειμένες να μοιραστούν ευαίσθητου περιεχομένου πληροφορίες. Το ζητούμενο αλλά και αντικειμενικός στόχος είναι κάθε σημείο αποθέματος να προβαίνει σε αναπληρώσεις σύμφωνα με πραγματικές πληροφορίες ζήτησης αντί να κάνει αναπληρώσεις με βάση την ζήτηση του επόμενου επιπέδου.

Ο πιο συνηθισμένος τύπος βασικού συστήματος ελέγχου αποθέματος, τόσο από άποψη βιβλιογραφίας όσο και σε πραγματικές συνθήκες, είναι εκείνος στον οποίο γίνεται χρήση πολιτικής παραγγελιών προς τα πάνω. Σε παρόμοια συστήματα οι αποφάσεις σε κάθε επίπεδο αποθέματος στηρίζονται αποκλειστικά και μόνο στην θέση του αποθέματος και στην απευθείας διαδικασία ζήτησης.

Για κάθε σημείο αποθέματος που χειρίζεται απόθεμα όγκου Q το σημείο επαναπαραγγελίας είναι S (και αν υποθέσουμε ότι η κεντρική αποθήκη έχει μέσο όρο παράδοσης τρεις βδομάδες) και ονομάζεται και βασικό επίπεδο αποθέματος και ορίζεται ως εξής:

$$S = s + Q$$

Σε όρους φυσικής λειτουργίας η θέση του αποθέματος κλάδου σε κάθε επίπεδο δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Θέση Αποθέματος} = (\text{Απόθεμα κλάδου}) + (\text{Σε παραγγελία})$$

Όπου το **Απόθεμα κλάδου j** ορίζεται ως ο αριθμός των μονάδων στο σύστημα που είναι ή έχουν περάσει αλλά ακόμα δεν έχουν δεσμευτεί σε εξωτερικούς πελάτες.

Ο όρος **Σε παραγγελία** αναφέρεται σε παραγγελίες που έχουν τοποθετηθεί σε κάποιο κλάδο j από τον επόμενο υψηλότερο κλάδο. Για χάρην επίδειξης ας υποθέσουμε ότι σε κάποιο σημείο το φυσικό απόθεμα είναι:

Κεντρική Αποθήκη: 50 μονάδες

Λιανική Διάθεση: 20 μονάδες

Παραπέρα, αν υποθέσουμε ότι πέντε μονάδες κάποιου γνωστού πελάτη έχουν παραγγελθεί αλλά δεν έχουν ικανοποιηθεί. Ας υποθέσουμε επίσης ότι δεν υπάρχει εκκρεμής παραγγελία τόσο από το υποκατάστημα αποθήκευσης όσο και την κεντρική αποθήκη και ότι δέκα μονάδες είναι σε μεταφορά μεταξύ υποκαταστήματος αποθήκευσης και καταστήματος λιανικής πώλησης. Τότε η θέση του αποθέματος του κλάδου για το υποκατάστημα αποθήκευσης θα είναι:

$$\text{Θέση Αποθέματος} = (50 + 10 + 20 - 5) + (0) = 75 \text{ μονάδες}$$

Η θέση του αποθέματος θα αναθεωρείτε και θα ελέγχετε ανά τακτά χρονικά διαστήματα περιοδικής βάσης. Όταν θέση του αποθέματος είναι γνωστή θα συγκρίνεται με το σημείο επαναπαραγγελίας s . Όταν είναι χαμηλότερο του s , θα πρέπει να τοποθετείται παραγγελία από τον προηγούμενο κλάδο για να ανεβάσει την θέση του στο βασικό επίπεδο αποθέματος.

Καταλήγοντας θα πρέπει να συμπεράνουμε ότι οι αποφάσεις παραγγελίας σε κάθε επίπεδο αποθέματος θα πρέπει να είναι το αποτέλεσμα της τελικής ζήτησης και όχι το αποτέλεσμα του επόμενου επιπέδου ζήτησης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται λιγότερο διακύμανση σχετικά με τις παραγγελίες.

Για την ειδική περίπτωση του σειριακού συστήματος οι *De bodt & Graves (1985)* προτείνουν μια διαδικασία για τον υπολογισμό των ποσοτήτων αναπλήρωσης και τα σημεία επαναπαραγγελίας τα οποία όμως λαμβάνουν υπόψη τις επιδράσεις του αποθέματος σε ένα κλάδο στο χρόνο παράδοσης από το επόμενο χαμηλότερου επιπέδου κλάδο. Το μοντέλο αυτό κάνει την παραδοχή ότι οι πληροφορίες της ζήτησης είναι διαθέσιμες σε κάθε τοποθεσία και ότι οι αποφάσεις λαμβάνονται από τα κεντρικά. Οι βασικές παραδοχές που γίνονται είναι οι παρακάτω:

1. Η εξωτερική ζήτηση αφορά μόνο ένα σημείο λιανικής διάθεσης και είναι μια σταθμική διαδικασία. Επομένως η μεθοδολογία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διαδικασίες που

μεταβάλλονται αργά και όπου έχουμε εκτιμήσεις του μέσου αλλά και της απόκλισης της ζήτησης πάνω σε βολικά χρονικά διαστήματα. Η υπόθεση περιλαμβάνει λογικά επίπεδα σφάλματος.

2. Υπάρχει καθορισμένη αναπλήρωση των χρόνων παράδοσης που σχετίζονται ε κάθε στάδιο (L_w και L_R) . Επομένως ο χρόνος παράδοσης L_R ξεκινά μόνο όταν υπάρχει επαρκές απόθεμα στην αποθήκη για να καλύψει τις αναπληρώσεις του τελικού σημείου διάθεσης.
3. Η πολιτική που χρησιμοποιείται από την (s, Q) φόρμα είναι μια συνεχής έρευνα με τις παρακάτω τέσσερις παραμέτρους.

S_w = Σημείο επαναπαραγγελίας (βασισμένο στο απόθεμα του κλάδου) στην αποθήκη.

Q_w = ποσότητα παραγγελίας στην αποθήκη

S_R = Σημείο επαναπαραγγελίας στο σημείο λιανικής πώλησης

Q_R = Ποσότητα παραγγελίας στο σημείο λιανικής πώλησης

Επιπλέον κάνουμε την υπόθεση ότι Q_R και $Q_w = n Q_R$ έχουν ήδη προκαθοριστεί. Να σημειώσουμε επίσης ότι ο περιορισμός $Q_w = n Q_R$ υπονοεί ότι οι πολιτικές είναι εμφωλιασμένες: όταν η κεντρική αποθήκη παραγγέλνει επίσης και το ενίοτε σημείο λιανικής πώλησης.

Οι κανόνες απόφασης για την επιλογή του s_R και s_w είναι:

1. Επιλογή s_R το οποίο

$$S_R = X_{L_R} + K_R S_{L_R} \quad 5.1$$

- X_{L_R} = είναι η αναμενόμενη πρόβλεψη της ζήτησης σχετικά με τον χρόνο παράδοσης ενός ενδιάμεσου.
- S_{L_R} = στάνταρ διασπορά των λαθών πρόβλεψης
- K_R = Ο παράγοντας ασφαλείας του σημείου λιανικής πώλησης, το οποίο ικανοποιεί

$$p_u \geq (k_R) = \frac{Q_R(U_R - U_w)r}{B_2 U_R D} \quad 5.2$$

όπου το D αποτελεί τον ετήσιο ρυθμό ζήτησης για κάθε τεμάχιο, r αποτελεί το κόστος μεταφοράς σε \$/4/έτος, και B_2 το φράγμα της κατά μονάδα χρέωσης σε περίπτωση ελλείψεων.

2. Να γίνει επιλογή ενός s_w το οποίο

$$s_w = x_{L_w+L_R} + k_w s_{L_w+L_R} \quad 5.3$$

$x_{L_w+L_R}$ = αναμενόμενη ζήτηση πάνω στον χρόνο παράδοσης της κεντρικής αποθήκης συν τον χρόνο παράδοσης στα σημεία λιανικής διάθεσης

$s_{L_w+L_R}$ = στάνταρ διασπορά των λαθών πρόβλεψης

k_w = ο παράγοντας ασφαλείας της αποθήκης, που θα πρέπει να ικανοποιεί

$$p_u \geq (k_w) = \frac{Q_R[U_R + (n-1)U_w]r}{B_2 U_R D} \quad 5.4$$

Το U αποτελεί την *εκτίμηση* του κλάδου. Ο συνδυασμός L_w+L_R σχετίζεται με το γεγονός ότι σε κάθε n αναπλήρωση στο σημείο λιανικής πώλησης υπάρχει πάντα μια σχετική ή ίδια αναπλήρωση στην αποθήκη, γεγονός το οποίο θα πρέπει να ληφθεί υπόψη έτσι ώστε να υπάρχει επαρκής προστασία ενάντια σε ελλείψεις σε περίοδο διάρκειας L_w+L_R .

5.3 Αριθμητικό παράδειγμα

Θα κάνουμε χρήση του ίδιου παραδείγματος όπως και πιο πριν. Πιο συγκεκριμένα αναφερόμαστε στο υγρό προϊόν που η επιχείρηση αγοράζει σε μεγάλες ποσότητες σε χύμα μορφή και κατόπιν το συσκευάζει. Ας γίνει η υπόθεση ότι ο ζητούμενος και επιδιωκόμενος χρόνος παράδοσης είναι 6 εβδομάδες και ο χρόνος παράδοσης για τον αντιπρόσωπο λιανικής είναι, στην περίπτωση συσκευασίας, μία εβδομάδα. Ας υποθέσουμε επίσης ότι υπάρχει

λογική κατανομή λάθους με το σ για μια εβδομάδα να είναι 6,4 μονάδες και το $\sigma_t = \sqrt{t} \sigma$. Από το προηγούμενο παράδειγμα γνωρίζουμε ότι η ζήτηση είναι σχεδόν γνωστή και ακολουθεί ένα συγκεκριμένο ρυθμό της τάξης των 1000 λίτρων ανά έτος.

- $U_w = \$1/\text{λίτρο}$
- $U_R = \$5/\text{λίτρο}$
- $R = 0,24 \text{ } \$/\$/\text{έτος}$
- $n = 2$
- $Q_R = 167 \text{ λίτρα}$

Τέλος θα γίνει η υπόθεση ότι η χρέωση φραγμού ανά μονάδα ελλείψεων, B_2 , ορίζεται σε 0,35.

Από τα παραπάνω δεδομένα και εξίσωση έχουμε:

$$p_u \geq (k_R) = \frac{(167)(5.00 - 1.00)(0.24)}{(0.35)(5.00)(1000)} = 0.0916$$

Υπολογίζουμε το $k_R = 1.33$

Άρα από προηγούμενα έχουμε:

$$S_R = X_{L_R} + K_R S_{L_R} = \frac{1}{52} (1000) + 1.33(6.4) = 27.7 \approx 28 \text{ λίτρα}$$

Γνωρίζουμε από πριν ότι:

$$p_u \geq (k_w) = \frac{Q_R [U_R + (n-1)U_w] r}{B_2 U_R D} = \frac{(167)[5.00 + (2-1)(1.00)]0.24}{(0.35)(5.00)(1000)} = 0.1374$$

και επομένως έχουμε $k_w = 1.09$ και αν κάνουμε χρήση της παρακάτω εξίσωσης έχουμε:

$$S_w = x_{L_w+L_R} + k_w S_{L_w+L_R} = \frac{7}{52} (1000) + 1.09\sqrt{7}(6.4) = 153.1 \approx 153 \text{ λίτρα}$$

Το τελικό συμπέρασμα είναι ότι τοποθετείται παραγγελία 334 λίτρων σε χύδην μορφή όταν η θέση του αποθέματος του κλάδου σε χύδην μορφή φτάσει τα 153 λίτρα και κάτω. Καθώς επίσης όταν το συσκευασμένο προϊόν πέσει στα 28 λίτρα και κάτω τοποθετείται εντολή συσκευασίας 167 λίτρων σε χύδην μορφή.

5.4 Συστήματα που παρουσιάζουν δομή Δένδρου-Δενδροειδής Κατάσταση

Σε συστήματα τα οποία η δομή τους μοιάζει με αυτή ενός δένδρου η διαδικασία κεντρικού ελέγχου παίρνει νέες διαστάσεις. Ας υποθέσουμε ότι έχουμε δύο εμπόρους λιανικής πώλησης που παραγγέλνουν 200 μονάδες από τους αντίστοιχους προμηθευτές τους και ας υποθέσουμε επίσης ότι ο κάθε προμηθευτής έχει μόνο 300 μονάδες διαθέσιμες. Ένας ανεξάρτητος έμπορος λιανικής πιθανότατα θα επιλέξει να παραλάβει ένα πλήρες φορτίο ακόμα και αν η ανάγκη του είναι 100 μονάδες. Ο διαχειριστής αποφάσεων που λαμβάνει αποφάσεις με γνώμονα τον κεντρικό έλεγχο, είναι πολύ πιθανό να παραγγείλει 150 μονάδες για κάθε σημείο λιανικής πώλησης. Υπάρχει η νοοτροπία ότι σε συστήματα κεντρικού ελέγχου δεν απαιτείται τόσο πολύ απόθεμα στα κεντρικά. Παρόλα αυτά όμως δεν είναι δυνατό κάθε επιχείρηση να επιτύχει καθολικό έλεγχο διαμέσου της κεντρικής αποθήκης. Στην περίπτωση όμως που επιλέξουμε ένα πολυκλαδικό σύστημα με δομή δένδρου θα πρέπει να ξεκαθαρίσουμε τον τρόπο άσκησης ελέγχου των αποθεμάτων και καθώς επίσης την διαθεσιμότητα των πληροφοριών που θα έχει στην διάθεση του ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων.

Παρακάτω θα γίνει προσπάθεια να περιγραφούν δύο τέτοια συστήματα. Στο ένα η κεντρική αποθήκη δεν κρατά καθόλου απόθεμα και στο άλλο η κεντρική αποθήκη κρατά απόθεμα. Τέλος θα γίνει προσπάθεια λεπτομερής περιγραφής συγκεκριμένου συστήματος πίεσης.

5.5 Η δενδροειδής κατάσταση χωρίς απόθεμα στην κεντρική αποθήκη

Στην περίπτωση όπου η κεντρική αποθήκη δεν κρατά σχεδόν καθόλου απόθεμα, στην πραγματικότητα παρέχει “ break-bulk” ευκολίες παραγγέλνοντας μεγάλου όγκου προϊόντα διασπώντας κατόπιν την μεγάλη αυτή ποσότητα σε μικρότερες τις οποίες τις διανείμει στα διάφορα σημεία λιανικής διάθεσης. Η βασική διαφορά με τα όσα συζητήσαμε πιο πριν είναι η απευθείας μεταφορά των εμπορευμάτων στους μεταπράτες από την κεντρική αποθήκη. Οι αποφάσεις της κεντρικής αποθήκης εστιάζονται στο πως θα εντοπίσουν το ελάχιστο όριο αποθέματος που θα πρέπει να έχουν τα σημεία λιανικής και καθώς επίσης την ποσότητα που θα πρέπει να παραγγείλει σε κάθε περίοδο. Για όλους τους παραπάνω λόγους θα μπορούσαμε να το χαρακτηρίσουμε σαν ένα σύστημα πίεσης το οποίο όμως κάνει υποθέσεις για τον τρόπο άσκησης του κεντρικού ελέγχου και της διαθεσιμότητας των πληροφοριών κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Θα κάνουμε την υπόθεση ότι η ζήτηση της λιανικής ακολουθεί σχετικά καθορισμένη πορεία και ότι όλοι οι έμποροι λιανικής έχουν συγκεκριμένα και ταυτόσημα κόστη ελλείψεων. Επομένως θα κάνουμε την υπόθεση ότι η ζήτηση σε όλα τα κέντρα λιανικής διάθεσης είναι ανεξάρτητη.

Παρακάτω δίνουμε τα απαιτούμενα μεγέθη:

J = ο αριθμός των εμπόρων λιανικής πώλησης

R = περίοδος απολογισμού-ανασκόπησης

S =σύστημα παραγγελίας προς τα πάνω για όλη την εφοδιαστική αλυσίδα

B_3 = Κόστος έλλειψης ανά δολάριο σε μονάδες χρόνου σε επίπεδο λιανικής διάθεσης

r = χρέωση μεταφοράς σε \$/\$/μονάδα χρόνου

L_{RE} =Lead time από την κεντρική αποθήκη στο σημείο λιανικής διάθεσης με την υπόθεση ότι υπάρχει επαρκές απόθεμα για αποστολή

L_w = Lead time σχετικά με την αποθήκη

x_j = αναμενόμενη ζήτηση ανά περίοδο για έμπορο λιανικής j

$x = \sum_{j=1}^j x_j$ = συνολική ζήτηση για ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα για μια περίοδο

σ_j = απόκλιση ζήτησης για μια περίοδο σε έμπορο λιανικής αριθμού j

$$\sigma = \sum_{j=1}^j \sigma_j^2$$

σ^2 = μεγέθη ζήτησης που είναι σε απόκλιση για όλο το σύστημα $\sum_{j=1}^j \sigma_j^2$

Ο κανόνας απόφασης για την επιλογή του S είναι:

Επιλογή του S το οποίο

$$\frac{1}{R} \sum_{i=0}^{R-1} \{1 - p_{u \geq (k_i)}\} = \frac{B_3}{B_3 + r}$$

όπου

$$k_i = \frac{S - (L_w + L_{RE} + 1 + i)x}{\sqrt{(L_{RE} + 1 + i)s^2 + L_w s^2}}$$

Ο εντοπισμός του κατάλληλου αποθέματος στην αποθήκη το οποίο θα εκμηδενίσει τις πιθανότητες ελλείψεων στις πιο "επικίνδυνες ζώνες" παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και υπάρχουν ποικίλες προτάσεις. Παρακάτω θα θέσουμε όλους τους εμπόρους λιανικής j με την εξίσωση:

$$\frac{IP_j + Z_j - (L_{RE} + R)x_j}{\sqrt{L_{RE} + R} \sigma_j}$$

όπου το IP είναι η θέση αποθέματος για τον έμπορο λιανικής j την στιγμή της απόφασης και Z_j είναι το πλήθος για μεταφορά στον έμπορο λιανικής j .

Παρακάτω δίνεται ένας λιγότερο ακριβής κανόνας για την εύρεση του S. Να επιλέγεται το S το οποίο:

$$1 - p_u \geq \left(\frac{S - (L_w + L_{RE} + R)x}{\sqrt{(L_{RE} + R)s^2 + L_w s^2}} \right) = \frac{B_3}{B_3 + r}$$

5.6 Αριθμητικό Παράδειγμα

Έχουμε τα παρακάτω δεδομένα

R=3 βδομάδες

$L_w = 2$ βδομάδες

$L_{RE} = 1$ βδομάδα

J=7 έμποροι λιανικής

$B_3 = 1.2$

$r = 0.24$

Εβδομαδιαία ζήτηση:

$x_j = 10$ μονάδες, $j = 1, \dots, 7$

$\sigma_j = 2$ μονάδες, $j = 1, \dots, 7$

Οπότε, $x = 70$ μονάδες ανά εβδομάδα, $\sigma = 14$ μονάδες, και $\sigma^2 = 28$. Για χάρην ευκολίας χρησιμοποιήθηκαν σχεδόν ταυτόσημα μεγέθη ζήτησης μεταξύ των εμπόρων λιανικής. Έχοντας από πριν την εξίσωση:

$$k_i = \frac{S - (L_w + L_{RE} + 1 + i)x}{\sqrt{(L_{RE} + 1 + i)s^2 + L_w s^2}} \text{ και για } i=0 \text{ έχουμε}$$

$$k_0 = \frac{S - (2 + 2 + 1)70}{\sqrt{(1+1)14^2 + 2(28)}} = \frac{S - 280}{\sqrt{448}}$$

Παρακάτω παρατίθεται πίνακας ο οποίος δείχνει τα αποτελέσματα για $S=300$ και $S=500$ και τις τρεις τιμές του i ($R=3$).

Πίνακας 5.1

i	S=300		S=500	
	k_i	$1-p_{u \geq (k_i)}$	k_i	$1-p_{u \geq (k_i)}$
0	0.945	0.828	10.394	1.000
1	-1.970	0.024	5.911	1.000
2	-4.140	0.000	2.760	0.997
Sum		0.852		2.997

Άρα στην περίπτωση όπου το $S=300$ το αριστερό μέρος της εξίσωσης

$$\frac{1}{R} \sum_{i=0}^{R-1} \{1 - p_{u \geq (k_i)}\} = \frac{B_3}{B_3 + r} \text{ είναι } \frac{1}{3}(0.852) = 0.284 \text{ ενώ το δεξί είναι ίσο με}$$

$$\frac{B_3}{B_3 + r} = \frac{1.2}{1.2 + 0.24} = 0.833 \text{ ενώ στην περίπτωση όπου } S=500 \text{ η αριστερή μεριά}$$

είναι ίση με $\frac{1}{3}(2.997) = 0.999$, ενώ η δεξιά μεριά παραμένει 0.833.

Το σημείο κλειδί σε αυτή την περίπτωση είναι η εικονική απεικόνιση των τοποθεσιών όπου το απόθεμα στην κάθε αποθήκη τοποθετείται στα διάφορα σημεία λιανικής διάθεσης ανάλογα με το πώς συμπεριφέρεται η ζήτηση. Παρόμοια συστήματα γίνονται ολοένα και πιο προσφιλή. Ο βασικός λόγος εντοπίζεται στα οφέλη που προσφέρει η επιστήμη της πληροφορίας και πιο συγκεκριμένα το EDI. Αν θέλουμε να δώσουμε ένα τελικό συμπέρασμα θα πρέπει να πούμε ότι το απόθεμα θα πρέπει να κρατιέται τόσο στην κεντρική αποθήκη όσο και στην τελική αποθήκη του εμπόρου λιανικής, αλλά κυρίως θα

πρέπει να τοποθετείται στην αποθήκη του εμπόρου λιανικής. Επομένως η κεντρική αποθήκη θα αδειάζει συχνά ακόμα και αν υπάρχει επιτυχία του συστήματός μας.

5.7 Η δενδροειδής κατάσταση με απόθεμα στην κεντρική αποθήκη

Στην περίπτωση τώρα όπου η κεντρική αποθήκη μπορεί να κρατήσει απόθεμα η ανάλυση γίνεται ακόμα πιο πολύπλοκη. Τώρα υπάρχουν τρεις τύποι αποφάσεων που θα πρέπει να ληφθούν:

1. Το πλήθος των αποθεμάτων που θα πρέπει να παραγγείλει η κεντρική αποθήκη από τους προμηθευτές της.
2. Το πλήθος των αποθεμάτων που θα πρέπει να στείλει η κεντρική αποθήκη στα σημεία λιανικής πώλησης.
3. Το μέγεθος του αποθέματος που θα κρούσει τον κώδωνα του κινδύνου για επαναπαραγγελία από την μεριά του εμπόρου λιανικής.

Matta & Sinha (1995) υποθέτουν ότι κάθε σημείο λιανικής διάθεσης έστω (i) παραγγέλνει από μια και μόνο αποθήκη σύμφωνα με μια πολιτική (R, S_i) και ότι η αποθήκη ακολουθεί μια πολιτική (R_{sw}, S_w) . Όλες οι τοποθεσίες χρησιμοποιούν το ίδιο χρονικό διάστημα R . Αυτές οι τρεις πολιτικές διαθέτουν αρκετή λογική μιας πολλοί έμποροι λιανικής παραγγέλνουν ανά τακτά χρονικά διαστήματα από τους προμηθευτές τους. Η διανομή γίνεται τόσο σε καθημερινή όσο και εβδομαδιαία βάση και οι έμποροι αυτοί θα πρέπει να καθορίσουν πόσο να παραγγείλουν κάθε βδομάδα. Η ζήτηση υποθέτουμε ότι παρουσιάζει ομαλή διακύμανση και υπάρχει ένα κόστος έλλειψης το οποίο ονομάζουμε b_3 . Οι νέες προσεγγίσεις είναι πιο ακριβείς όταν η ποσότητα παραγγελίας στην κεντρική αποθήκη είναι μεγαλύτερη.

Τα βήματα για τον υπολογισμό της πιο κοντινής αισιόδοξης πολιτικής είναι:

1. Υπολογισμός της ποσότητας παραγγελίας στην κεντρική αποθήκη κάνοντας χρήση μιας δυναμικής προσέγγισης όπου η ποσότητα παραγγελίας είναι ίση με $S_w - s_w$.
2. Υπολογισμός ενός παράγοντα ασφαλείας για κάθε έμπορο λιανικής κάνοντας χρήση ενός διανυσματικού τύπου.
3. Υπολογισμός του συνολικού κόστους, με χρήση μιας προσέγγισης του συνολικού κόστους, δοσμένης κεντρικής αποθήκης και δοσμένου παράγοντα ασφαλείας. Κατόπιν προσπάθεια εύρεσης του παράγοντα ασφαλείας με το μικρότερο συνολικό κόστος.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφέρουμε την μελέτη του *Axsäter (1993a)* που αποτελεί μια θαυμάσια δουλειά για τον εν λόγω τομέα. *Deuermeyer & Schwarz (1981)*, και *Svoronos & Zipkin (1988)* ανέπτυξαν μια τεχνική αποσύνθεσης για την ανάλυση πολυκλαδικών καταστάσεων. Η τεχνική αυτή ξεκινά με το να βρίσκει τις πολιτικές αποθέματος για κάθε έμπορο λιανικής ξεχωριστά. Αυτές οι πολιτικές δημιουργούν μια διαδικασία παραγγελίας που συσχετίζει χρόνο-παραγγελία σε μια συγκεκριμένη μέρα υπονοώντας ότι ενδεχόμενη άλλη παραγγελία από τον ίδιο έμπορο λιανικής είναι κάτι ασυνήθιστο πριν την διέλευση κάποιου συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος. Αυτή η δομή της ζήτησης είθισται για τον υπολογισμό της πολιτικής αποθέματος της κεντρικής αποθήκης η οποία με την σειρά καθορίζει τον χρόνο παράδοσης για τον έμπορο λιανικής. Αυτοί οι χρόνοι παράδοσης είναι βασισμένοι στον χρόνο μεταφοράς συν το χρόνο καθυστέρησης εάν η κεντρική αποθήκη μείνει εκτός αποθεμάτων. Αυτοί οι νέοι χρόνοι παράδοσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εύρεση νέων πολιτικών αποθεμάτων για τους έμπορους λιανικής. Παρόμοιες μελέτες δίνονται από *Ehrardt, Schultz & Wagner (1981)*.

Ο *Zipkin (1995)* υποστηρίζει ότι σε μερικές περιπτώσεις ο μέσος του επιπέδου αποθέματος μπορεί να ποικίλει με αρκετά μεγάλο εύρος αλλά με πολύ μικρές αλλαγές στο συνολικό κόστος (με την βασική προϋπόθεση βέβαια ότι ο έμπορο λιανικής προσπαθεί να επιτύχει την μέγιστη χρησιμότητα του

αποθέματος βασισμένο στο παραπάνω επίπεδο). Κάποιες φορές ο κεντρικός έλεγχος απαιτεί πολύ λιγότερο απόθεμα από ότι η τεχνική κατανομής του ελέγχου, για αυτό το λόγο υπάρχουν πλήθος επιχειρήσεων με άριστα inbound logistics με κεντρική διαχείριση και μικρή απαίτηση για αποθέματα. Σε αντίθεση με άλλες εταιρείες που έχουν καταναίμει τον έλεγχο στις διάφορες διαδικασίες με μεγάλους χρόνους παράδοσης στην κεντρική αποθήκη, αλλά με μικρούς χρόνους παράδοσης εντέλει, απαιτούν υψηλότερο απόθεμα στα κεντρικά παρά στα διάφορα σημεία μεταπώλησης.

Hopp, Zhang & Spearman (1996) έχουν καταβάλλει εκτεταμένη προσπάθεια για την ανάπτυξη ενός μοντέλου το οποίο να είναι σε θέση να αναπληρώσει την περίπτωση του συστήματος που έχει την μορφή δένδρου με απόθεμα στην αποθήκη. Βασικό σημείο προσπάθειας είναι επίσης η επίδειξη ότι μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα σύστημα διανομής με διάσπαρτα τεμάχια. Διάφορες και διαφορετικές μελέτες και έρευνες έχουν γίνει στον τομέα των τοποθεσιών. Η προσπάθεια εκτίμησης του αποθέματος σε πολυκλαδικά μοντέλα, στα οποία όμως δεν υπάρχει η ίδια πολιτική ή στόχος σχετικά με το επίπεδο εξυπηρέτησης, οδήγησαν στην ανακάλυψη ενός κανόνα που ονομάζεται ισορροπημένη τοποθεσία αποθέματος και αποδεδειγμένα λειτουργεί θαυμάσια. Ο κανόνας αυτός πρώτα καθορίζει το κλάσμα του αποθέματος που εντοπίζεται από την αποθήκη στους εμπόρους λιανικής έτσι ώστε το ποσό εξισορρόπησης από πλευρά εμπόρων να ελαχιστοποιηθεί. Στην περίπτωση όπου υπάρχουν πάνω από δύο επίπεδα η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται σε κάθε επίπεδο. Τότε όλη η διαδικασία της παραγγελιοληψίας επαναλαμβάνεται από πάνω προς τα κάτω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.0 – ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

6.1 Περίληψη

Στο κεφάλαιο 6 θα ξεκινήσουμε με την περιγραφή των συστημάτων πίεσης ελέγχου. Θα ορίσουμε τις βασικές λειτουργίες του και θα θέσουμε τους βασικούς περιορισμούς σχετικά με την λειτουργία τους.

Θα συνεχίσουμε με την περιγραφή σε πολυκλαδικών συστημάτων με άγνωστη μορφή ζήτησης. Θα γίνει προσδιορισμός όλων εκείνων των βασικών μεγεθών που σχετίζονται με την λειτουργία της αποθήκης. Για την διευκόλυνση του αναγνώστη θα παραθέσουμε αριθμητικό παράδειγμα για να γίνουν πιο κατανοητά τα μεγέθη αυτά.

Στην συνέχεια θα μιλήσουμε για συμβασιακά μέτρα με συγκεκριμένο τύπο ανταλλακτικού. Θα προσπαθήσουμε να εντοπίσουμε όλα εκείνα τα οικονομικά κίνητρα για δημιουργία κεντρικής αποθήκης αλλά και γενικότερα θα μιλήσουμε για την τοποθέτηση του αποθέματος.

Τέλος θα γίνει αναφορά στις πλάγιες μεταφορές αλλά και στην εύρεση της καλύτερης ποσότητας αναπλήρωσης για κλαδικό σύστημα δύο επιπέδων.

6.2 Συστήματα πίεσης ελέγχου

Βασικός θεμελιωτής του ρόλου των συστημάτων πίεσης ελέγχου αποτέλεσε ο Brown (1981, 1982). Προσπάθησε να προωθήσει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο την λειτουργία ενός συγκεκριμένου συστήματος πίεσης ελέγχου το οποίο ονομάστηκε Δίκαιες Μοιρασιές (Fair Shares). Κατά την διάρκεια της προσπάθειας αυτής δημιούργησε τις απαραίτητες συνθήκες για την ανάπτυξη λογισμικού το οποίο θα σχετίζεται με αναπληρώσεις ιδεών. Το λογισμικό το οποίο τελικά αναπτύχθηκε ονομάστηκε LOGOL. Υπό την προϋπόθεση ότι έχουμε γενική και καθολική πληροφόρηση καθώς επίσης κεντρικό έλεγχο η Διανυσματική Διαχείριση Αποθεμάτων (Vendor Managed Inventory VMI) ταιριάζει πολύ με τα συστήματα ελέγχου πίεσης.

6.2.1 Η λειτουργία ενός συστήματος Πίεσης

Θα κάνουμε λόγο για δύο κλάδων σύστημα αν και το σύστημα πίεσης ελέγχου μπορεί να βρει εφαρμογή και σε συστήματα με περισσότερους κλάδους. Ο υψηλότερος κλάδος είναι η αποθήκη η οποία προμηθεύεται από κάποιο συγκεκριμένο προμηθευτή. Ο χαμηλότερος κλάδος αποτελείται από ένα αριθμό εμπόρων λιανικής πώλησης που έχουν να αντιμετωπίσουν την ζήτηση από τους εκάστοτε πελάτες για ικανοποίηση των αναγκών τους. Θα πρέπει επίσης να αναφέρουμε ότι η κεντρική αποθήκη μπορεί να έχει κάποιους πελάτες με τους οποίους συνεργάζεται απευθείας.

Σαν πρώτο βήμα θα θεωρήσουμε την επανεξέταση του αποθέματος σε περιοδική βάση (τυπικά καθημερινής ή εβδομαδιαίας βάσης). Το πρώτο σημείο που θα πρέπει να αναρωτηθούμε είναι εάν ένα φορτίο αναπλήρωσης είναι ή δεν είναι έτοιμο για αποστολή. Η συγκεκριμένη αυτή αποστολή θα είχε και αυτή με την σειρά της κάποιο χρόνο παράδοσης έστω L_w . Εάν τώρα υπάρχει πραγματική ανάγκη για αναπλήρωση τότε θα πρέπει να υπολογίσουμε τις καθαρές ανάγκες του κάθε κωδικού σε κάθε έμπορο λιανικής. Για κάθε έμπορο λιανικής η χρονική περίοδος αναπλήρωσης της καθαρής ποσότητας που χρειάζεται γίνεται σε δύο βήματα. Πρώτα οι απαιτήσεις χονδρικής υπολογίζονται πάνω στις ήδη υπάρχουσες παραγγελίες πελατών ή σε κάποια μορφή πρόβλεψης. Έπειτα οι υπολογίζονται ο αριθμός των αποθεμάτων που έχουμε καθώς επίσης και ο αριθμός των κωδικών που είναι σε παραγγελία έτσι ώστε να ελαττώσουμε τις απαιτήσεις χονδρικής που με την σειρά τους ονομάζονται καθαρές απαιτήσεις. Επίσης θα πρέπει να γίνει αυστηρός καθορισμός του χρόνου παράδοσης από την ώρα της φόρτωσης μέχρι την ώρα της παραλαβής. Σε αυτό το επίπεδο μπορούμε τώρα να υπολογίσουμε τις αναπληρώσεις πάνω από το επιθυμητό επίπεδο ασφαλείας. Το αποτέλεσμα του υπολογισμού των καθαρών αναπληρώσεων θα έχει άμεσο αντίκτυπο στην κεντρική διαχείριση υλικών.

Σχετικά με την ποσότητα αναπλήρωσης η διαδικασία που θα ακολουθηθεί είναι η εξής. Πρώτο βήμα αποτελεί η εξασφάλιση επαρκούς αποθέματος στην κεντρική αποθήκη το οποίο το ονομάζουμε σύστημα

ασφαλούς αποθέματος (System Safety Stock). Αν λάβουμε υπόψη όλα τα παραπάνω θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι η αποθήκη δεν παρέχει break-bulk λειτουργίες. Το σύστημα ασφαλούς αποθέματος έχει επιλεγεί για την ανταλλαγή του κόστους που υπάρχει μεταξύ της διατήρησης αυτού του αποθέματος μαζί με την επέκταση των παραγγελιών για αναπλήρωσης του αποθέματος προκειμένου να αποφύγουμε το κόστος που θα προκύψει από τυχόν ελλείψεις. Η πολυποίκιλη διακύμανση της ζήτησης στο συνολικό σύστημα σε μια δοσμένη αποθήκη με χρόνο παράδοσης L_w αποτελεί βασικό παράγοντα. Το ήδη υπάρχον απόθεμα το οποίο κρατιέται στην κεντρική αποθήκη είναι χρήσιμο για άμεση ανταπόκριση σε μελλοντικές ανάγκες των έμπορων λιανικής μας. Το υπόλοιπο μέρος του αποθέματος το οποίο μεταφέρεται και σκοπό έχει την αναπλήρωση αποτελεί κάποια μορφή εξασφάλισης για τους έμπορους λιανικής σε σχέση με την μελλοντική ζήτηση. Με άλλα λόγια ο χρόνος αναπλήρωσης θα είναι πάνω κάτω ίδιος για όλους τους έμπορους λιανικής. Το σημείο επαναπαραγγελίας ενός εμπόρου λιανικής βασίζεται στον χρόνο παράδοσης του φορτίου αναπλήρωσης, με την υπόθεση ότι υπάρχει επαρκές απόθεμα ακόμα και στην πιο μακρινή τοποθεσία. Ο βασικός παράγοντας ασφαλείας του εμπόρου λιανικής μπορεί να βασιστεί στο επίπεδο εκείνο όπου παρέχεται η δυνατότητα διασφάλισης επαρκούς επιπέδου εξυπηρέτησης στους πελάτες του.

Τώρα στην περίπτωση όπου σε κάποιο διάστημα ελέγχου δεν υπάρχει παραγγελία αναπλήρωσης έτοιμη για φόρτωση, τότε θα εξετάσουμε την θέση του αποθέματος του κάθε προϊόντος για κάθε έμπορο λιανικής. Εάν υπάρχει προϊόν το οποίο σε κάποια αποθήκη σημείο λιανικής πώλησης είναι χαμηλότερα από το σημείο επαναπαραγγελίας τότε η καθαρή αναπλήρωσης του εν λόγω προϊόντος για κάθε έμπορο λιανικής θα πρέπει να μελετηθεί ξανά από την αρχή. Η διανομή φτιάχνεται και σχεδιάζεται ξανά από το υπάρχον σύστημα αποθέματος του προϊόντος (το απόθεμα έχει διαιρεθεί σε αυτό το οποίο ονομάζουμε δίκαιες μοιρασιές για ποίκιλες τοποθεσίες). Φορτώσεις και μεταφορές προτείνονται μόνο για συνδυασμούς προϊόντος-έμπορους λιανικής που βρίσκονται κάτω από το σημείο επαναπαραγγελίας. Περιορισμοί του τύπου ελάχιστο ή μέγιστο μεταφερόμενο απόθεμα μπορούν εύκολα να

παραβιαστούν. Έτσι οι απαιτήσεις σε χώρους αποθήκης μπορούν να εισαχθούν σε κάποιο κατάλληλο λογισμικό να ομαδοποιηθούν ανά προορισμό καθώς και απαιτήσεις ημερομηνίας φόρτωσης. Η παραπάνω πληροφορία αποτελεί μείζονος σημασίας για ελάττωση του κόστους.

Το επόμενο βήμα μπορεί να υλοποιηθεί από κάποιον μεμονωμένο υπάλληλο όπως διαχειριστή υλικών ή υπεύθυνο υλοποίησης διανομής, οι οποίοι έχουν την υπέρτατη ευθύνη για τις αποφάσεις. Αυτή βέβαια η διαδικασία απόφασης από έναν και μοναδικό άτομο μπορεί κάλλιστα να κάνει αλλαγές σε θέματα όπως φόρτωση πρώιμων μονάδων για την κάλυψη κάποιου φορτίου κ.ο.κ.

Παραπέρα όσον αφορά την λογική μας θα πρέπει να ελέγξουμε την ανάγκη για αναπληρώσεις που μπορεί να χρειάζονται στο σύστημα μας. Στην περίπτωση όπου υπάρχει κάποια τέτοια ανάγκη θα υπάρξει απαίτηση για λογική ελέγχου συντονισμού. Όλη η παραπάνω διαδικασία που περιγράφηκε θα πρέπει να επαναλαμβάνεται σε κάθε περιοδική αναθεώρηση.

Το εν λόγω σύστημα πίεσης παράγει πραγματικές απαιτήσεις σε κάθε διαφορετικό λιανέμπορο σχετικά με το μέλλον από το να χρησιμοποιεί κάποια μέθοδο πρόβλεψης. Η μεθοδολογία του DRP είναι παρόμοια με την λειτουργία του συστήματος πίεσης που μελετήσαμε πιο πάνω με την έννοια ότι πραγματικές απαιτήσεις παράγονται σε κάθε μεταπράτη. Η βασική και ουσιώδης διαφορά εστιάζεται στο γεγονός ότι οι μεγάλες ποσότητες στο DRP τοποθετούνται τοπικά ενώ στο σύστημα πίεσης που μόλις αναφέραμε γίνεται χρήση κεντρικού ελέγχου.

Τα πιο πολλά συστήματα, ακόμα και το DRP, παίρνουν την προοπτική μιας πρόβλεψης και κατόπιν την τροποποιούν όπως τους εξυπηρετεί με γνώμονα το επίπεδο του αποθέματος ασφαλείας.

6.2.2 Σχόλια και γενικές οδηγίες

Στο σημείο αυτό θα θεωρήσουμε σκόπιμο την αναφορά κάποιου αριθμού σχολίων καθώς επίσης και γενικών οδηγιών με σαφείς εύσημα για τα συστήματα πίεσης γενικά καθώς επίσης και στις δίκαιες μοιρασιές ειδικά.

1. Όπως θα πρέπει να είναι σαφές μέχρι τώρα δεν υπάρχει ασφαλής ή απλός τρόπος για αναλυτική πρόβλεψη του επιπέδου εξυπηρέτησης των πελατών σε συνάρτηση με τους εμπόρους λιανικής και τους παράγοντες ασφαλείας του συστήματος. Παρόλα αυτά θα πρέπει να γίνει αναφορά στον *Brown (1982)* ο οποίος προσπάθησε να παράγει μια σειρά πειραμάτων προσομοίωσης για να εξετάσει διαφορετικές μεθόδους **αναζήτησης** συστημάτων σε σχέση με την κεντρική αποθήκη και τους εμπόρους λιανικής. Τα αποτελέσματα του προτείνουν ότι η εταιρεία θα πρέπει να κρατά το απόθεμα ασφαλείας στις κεντρικές αποθήκες. Αυτό βέβαια βρίσκεται σε άμεση σχέση με τον χρόνο διανομής που απαιτείται από την κεντρική ή κεντρικές αποθήκες στους διάφορους εμπόρους λιανικής. Όταν υπάρχει αξιόπιστο σύστημα αποθέματος θα πρέπει να αυξάνει το απόθεμα των εμπορών λιανικής σε σταθερό χρόνο προμήθειας πάνω από το σημείο επαναπαραγγελίας. Όταν το συνολικό σύστημα αποθέματος είναι λιγότερο από το σύνολο του σημείο επαναπαραγγελίας των εμπορών λιανικής, θα πρέπει διανέμεται με τέτοιο τρόπο που να ώστε να καλύπτει τον χρόνο παράδοσης της ζήτησης συν κάποιο κοινό επίπεδο ασφαλείας για τους εμπόρους. Πιο πρόσφατες μελέτες συμφωνούν με τα αποτελέσματα του *Brown (1982)* αλλά προτείνουν την επεξεργασία τεχνικών για εντοπισμό των ελλείψεων, όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 5.2. Ο *Federgruen (1993)* καταλήγει στο συμπέρασμα ότι κάποιες από αυτές τις τεχνικές και κάποια από αυτά τα σχόλια καταλήγουν να είναι ταυτόσημα σε κάποιες περιπτώσεις. Ο *Lagodimos (1992)* αναπτύσσει προσεγγίσεις για περιοδικούς ελέγχους σε κλαδικά συστήματα με δομή δένδρου τα οποία κάνουν χρήση τεχνικών εντοπισμού τόσο μέσω των δίκαιων μοιρασιών όσο και με την τεχνική *First-Come-First-Served (FCFS)* .
2. Οι συνέπειες της επέκτασης για την αποφυγή ελλείψεων στο σύστημα αποθέματος μπορεί να λειτουργήσουν θετικά με την βασική προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν ή δεν θα γίνουν πολλές ενέργειες

επέκτασης. Η παράμετρος B_1 (το υπονοούμενο κόστος μιας τέτοιας επέκτασης) μπορεί να τροποποιηθεί έτσι ώστε να δίνει κάποιο αθροιστικό φορτίο επέκτασης.

3. Η εισαγωγή ενός συστήματος πίεσης ή οποιουδήποτε συστήματος που σχετίζεται με κεντρικό έλεγχο θα απαιτεί σχεδόν πάντα οργανωτικές τροποποιήσεις ακόμα και αν όλο το σύστημα υπάγεται ή ανήκει σε μια και μόνο εταιρεία. Οι αρμοδιότητες και οι ευθύνες σε διαφορετικές οντότητες θα αλλάξουν. Για παράδειγμα οι διαχειριστές των πωλήσεων λιανικής δεν θα είναι πλέον υπεύθυνοι για χρονοπρογραμματισμό και τον υπολογισμό του μεγέθους αναπλήρωσης. Οι βασικές και πρωτεύοντες αρμοδιότητες που θα έχουν τώρα είναι η διασφάλιση των ακριβών στοιχείων σχετικά με τα αποθέματα καθώς επίσης και η παροχή πληροφοριών πρόβλεψης. Επιπλέον θα απαιτηθεί κάποια σχετική μόνρφωση καθώς επίσης και η σχετικής διασφάλιση της απόδοσης των εκτιμήσεων σε σχέση με τις νέες υπευθυνότητες.
4. Κάθε κανόνας αποφάσεων θα πρέπει να εστιάζεται μόνο σαν βοήθεια για τον υπεύθυνο που λαμβάνει τις αποφάσεις. Υπάρχουν σημαντικοί παράγοντες, που δεν έχουν συμπεριληφθεί, που θα πρέπει να συνεργάζονται πραγματικά και χειροπιαστά για τον τελικό εντοπισμό της διανομής και μεταφοράς.

Μέχρι τώρα η έρευνα μας έχει εστιαστεί σε καταναλωτικά αγαθά και προϊόντα. Παρακάτω θα προσπαθήσουμε να στρέψουμε την προσοχή μας σε αγαθά που να συναρμολογηθούν ή να φτιαχτούν με κάποιο τρόπο. Τέτοια παραδείγματα περιλαμβάνουν οχήματα, τηλέφωνα, υπολογιστές, φωτοτυπικά μηχανήματα κ.λ.π. Ο όρος ανάκτηση προϊόντος αναφέρεται όλων των χρησιμοποιημένων και απορριπτόμενων προϊόντων, υλικών και συνθετικών υλικών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η διαχείριση ανακτημένων προϊόντων προσπαθεί να προσδώσει όσο πιο πολύ οικονομική αξία μπορεί, προσπαθώντας παράλληλα να ελαχιστοποιήσει το συνολικό ποσό ζημίας από προϊόντα ή υλικά τα οποία τελικά καταλήγουν στο καλάθι των αχρήστων. Αυτός ο πολύ σημαντικός και αναγκαίος τομέας έρευνας και πρακτικής

συγκεντρώνει μεγάλο ενδιαφέρον, και αυτό εν μέρει οφείλεται στους ολοένα και πιο πολλούς νόμους που σχετίζονται με την προστασία του περιβάλλοντος που αναθέτουν στους κατασκευαστές την πλήρη ευθύνη για τον κύκλο ζωής των προϊόντων τους. Θα πρέπει να γίνει σαφές ότι η περιοχή που θέλουμε να ερευνήσουμε είναι απέραντη και θα γίνει μια μικρή αναφορά προκειμένου να δώσουμε λίγο φως σε αυτόν τον τομέα.

Ο Thierry(1995) παρέχει ένα πλαίσιο εργασιών καθώς επίσης και ένα πλήθος ορισμών που προσπαθούν να δώσουν σημαντική βοήθεια στους μάνατζερ σχετικά με την οργάνωση όλων των θεμάτων που σχετίζονται με αυτή την κρίσιμη περιοχή. Όλοι οι συγγραφείς που ασχολούνται με το θέμα αυτό εξετάζουν τις διαφορές μεταξύ ποικίλων μορφών ανάκτησης. Η όλη διαδικασία κατασκευής ξεκινάει πρώτα από το σχεδιασμό του προϊόντος. Θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι στις μέρες ολοένα και πιο πολλές εταιρείες προσπαθούν να εισάγουν τον σχεδιασμό των προϊόντων για το περιβάλλον καθώς επίσης και διαδικασίες για την ανακύκλωση των παραγόμενων προϊόντων.

Η ανάλυση αγαθών που μπορούν να δεχθούν ανακύκλωση ή μεταποίηση είναι πολύ πιο δύσκολη από αυτή που σχετίζεται με τα καταναλωτικά αγαθά. Φυσιολογικά σε μια παρόμοια κατάσταση ανακυκλώσιμων αγαθών είναι πολύ πιθανό ότι κάποιος αριθμός αγαθών δεν θα μπορεί να αναπλασθεί ή να επιδιορθωθεί με αποτέλεσμα ο αριθμός των μονάδων που έχει ζητηθεί να μην μπορεί να εξισορροπηθεί πλήρως από αυτά τα αγαθά. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι είμαστε υποχρεωμένοι από καιρό σε καιρό να παράγουμε νέες μονάδες. Συνοψίζοντας θα πρέπει να αναφέρουμε ότι, ακόμα και σε μια τοποθεσία, υπάρχουν πέντε βασικές παράμετροι αποφάσεων.

1. Πόσο συχνά θα επαναθεωρούμε το επίπεδο του αποθέματος μας.
2. Πότε ανακτάμε τις επιστρεφόμενες μονάδες.
3. Πόσες μονάδες θα ανακτάμε σε κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.
4. Πότε θα παραγγείλουμε νέες μονάδες.
5. Πόσες μονάδες θα παραγγείλουμε.

Στην περίπτωση τώρα όπου υπάρχουν πολλαπλές τοποθεσίες, θα πρέπει να αποφασίσουμε πόσες καλές μονάδες θα παρατάξουμε στην κεντρική αποθήκη, και πόσες θα παρατάξουμε σε κάθε έμπορο λιανικής.

Σχετικά με τα αναλώσιμα αγαθά ο χρόνος παράδοσης για τους εμπόρους λιανικής είναι ο χρόνος μεταφοράς από την κεντρική αποθήκη συν μια τυχαία σύνθεση, που εξαρτάται από το εάν η αποθήκη έχει απόθεμα. Με ανακυκλώσιμες μονάδες, ο χρόνος παράδοσης είναι ο χρόνος μεταφοράς συν τον χρόνο για ανάκτηση, εάν και εφόσον η αποθήκη δεν έχει απόθεμα. Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τα δύο συστήματα έχουν πολλές ομοιότητες. Παρόλα αυτά στην περίπτωση όπου η ανάκτηση έχει περιορισμένη δυναμικότητα ή στην περίπτωση όπου ο αριθμός των μονάδων στο σύστημα είναι μικρός τότε το σύστημα θα διαφέρει αισθητά. Για παράδειγμα, εάν πολλά αγαθά έχουν αποτύχει τον σκοπό τους και είναι τώρα στην διαδικασία της ανάκτησης δεν μπορούν να ενταχθούν στο γνωστικό αντικείμενο μελέτης των σφαλμάτων. Για αυτό το λόγο η εκτίμηση της ζήτησης στην κεντρική αποθήκη θα αποκλίνει. Σε ένα σύστημα καταναλωτικών αγαθών, είθισται να γίνεται η υπόθεση ότι η εκτίμηση της ζήτησης δεν εξαρτάται από το πόσα αγαθά έχουν καταναλωθεί.

6.3 Η πολυκλαδική κατάσταση με άγνωστη ζήτηση (ένα προς ένα παραγγελία)

Στην συγκεκριμένη περίπτωση των επιδιορθώσιμων αγαθών πολύ χρήσιμες είναι οι μελέτες των *Nahmias (1981b)*, *Mabini & Geldres (1990)*, *Sherbrooke (1992b)*, *Verrijdt(1997)*, και *Diks, de Kok, και Lagodimos (1996)*. Η μελέτη του Sherbrooke παρέχει μια μελέτη-έρευνα τριάντα ετών πάνω σε επιδιορθώσιμα αγαθά σε πολυκλαδικά συστήματα. Το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας έχει γίνει στον τομέα των στρατιωτικών αγαθών. Ειδικότερα, αντί να γίνει αναφορά σε εμπόρους λιανικής, οι ερευνητές μελέτησαν στρατιωτικές βάσεις που παράγουν ζήτηση σχετικά με επιδιόρθωση, όπως για παράδειγμα αεροσκάφη.

Το μεγαλύτερο μέρος της δουλειάς το οποίο έχει γίνει σε αυτόν τον τομέα έχει γίνει από τον *Sherbrooke (1968)* και έχει ονομαστεί METRIC και σχετίζεται για πολυκλαδικές τεχνικές ελέγχου για επιδιορθώσιμα προϊόντα. Η μελέτη αυτή βασίζεται στο μεγαλύτερο μέρος στο δομικής σημασίας θεώρημα του *Palm (1938)*.

Το θεώρημα του Palm υποστηρίζει ότι εάν η ζήτηση για ένα προϊόν ακολουθεί την κατανομή Poisson με μέσο m , και αν ο χρόνος επιδιόρθωσης για κάθε εσφαλμένη μονάδα ακολουθεί κατανομή και είναι ανεξάρτητη με μέσο T_a τότε η steady-state πιθανότητα κατανομής για τον αριθμό των μονάδων ακολουθεί και αυτή την κατανομή Poisson με μέσο mT_a . Η υπόθεση ότι απαιτείται να χρησιμοποιηθεί απλό αποτέλεσμα βασίζεται στο γεγονός ότι υπάρχουν συγκεκριμένος και επαρκής αριθμός ανθρώπων που ασχολούνται με την επιδιόρθωση και υπάρχει επαρκής αριθμός μηχανημάτων έτσι ο μέσος είναι πάντα ίδιος. Εάν ο ρυθμός σφάλματος των αγαθών διογκώνεται έτσι ώστε η διευκόλυνση της επιδιόρθωσης να υπερφορτώνεται τότε ο αναμενόμενος χρόνος επιδιόρθωσης θα αυξηθεί και οι συνθήκες του θεωρήματος θα παραβιαστούν. Από την άλλη όμως υπάρχει αριθμός ερευνητών οι οποίοι έχουν απορρίψει αυτή την θεωρία με την αιτιολογία ότι δεν ανταποκρίνεται σε ρεαλιστικές συνθήκες του πραγματικού κόσμου. Επεκτάσεις του θεωρήματος του Palm έχουν αναπτύξει οι *Feeney & Sherbrooke (1966)* για σύνθετη ζήτηση που ακολουθεί την κατανομή Poisson και τέλος οι *Hillestad & Carrillo (1980)* για ζήτηση μεταβαλλόμενη από τον χρόνο και ρυθμών επισκευής.

Ο *Sherbrooke (1968)* στο μετρικό σύστημα για πολυκλαδικά μοντέλα, θεώρησε ένα σύστημα δύο κλάδων το οποίο το έχουμε συνθέσει από ένα σύνολο **βάσεων** και μιας κεντρικής αποθήκης. Κάθε τοποθεσία στο σύστημα μπορεί να κατέχει μια συγκεκριμένη ποσότητα από επιδιορθώσιμα ανταλλακτικά καθώς επίσης και μια ικανότητα επιδιόρθωσης για επικάλυψη επιδιορθώσιμων αγαθών σε αγαθά έτοιμα προς εξυπηρέτηση. Η ζήτηση σε κάθε βάση για κάθε προϊόν ακολουθεί την κατανομή Poisson. Αυτό το οποίο χρειάζεται είναι ο μέσος χρόνος επιδιόρθωσης εάν η υπόθεση για εξαρτημένο χρόνο επιδιόρθωσης έχει γίνει. Η μετρική προσέγγιση κάνει αυτή την

υπόθεση για να προσεγγίσει πιο ρεαλιστικά τις συνθήκες ενός πραγματικού συστήματος. Η πολιτική αποθέματος που ακολουθούμε για κάθε αγαθό σε κάθε τοποθεσία είναι μια συνεχής πολιτική θεώρησης ($S-1, S$), έτσι ώστε η τοποθεσία του αποθέματος διατηρείται στο ίδιο σημείο παραγγελίας επιπέδου S (όπου το S κυμαίνεται μεταξύ του ζεύγους τοποθεσίας-προϊόντος). Θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι η πολιτική αυτή σχετίζεται πιο πολύ με ακριβά και "αργά" προϊόντα. Αυτή η μορφή πολιτικής υπονοεί ότι η μαθηματική ανάλυση είναι η διαφορά μεταξύ του S και της ζήτησης σε κάποιο μέσο χρόνο επιδιόρθωσης, όπου η ζήτηση ακολουθεί την κατανομή Poisson. Επιπλέον δεν επιτρέπονται καθυστερημένες μεταφορές μεταξύ των βάσεων. Τώρα αν υπάρχουν n βάσεις, θα ευχόμαστε να συλλέξουμε αξίες $S_i(j)$ για όλες τις βάσεις i , και όλα τα αγαθά j , όπου $S_i(j)$ είναι η θέση του αποθέματος για αγαθό j σε βάση i και $S_0(j)$ είναι η θέση του αποθέματος του αγαθού j στην αποθήκη. Υπάρχει ένα πλήθος περιορισμών για την συνολική αξία των ανταλλακτικών, και ο αντικειμενικός στόχος είναι να ελαχιστοποιήσουμε τον συνολικό προβλεπόμενο αριθμό από ανεκτέλεστες παραγγελίες στις βάσεις. Οι *Fox & Landi (1970)* δείχνουν ότι μια προσέγγιση ελαχιστοποίησης μπορεί να ελαττώσει την προσπάθεια υπολογισμού, και ο *Muckstadt (1978)* επεκτείνει την μελέτη πάνω σε αυτή την ιδέα.

Υπάρχει όμως ένα βασικό πρόβλημα με την χρήση της κατανομής Poisson σχετικά με την μοντελοποίηση του ρυθμού σφαλμάτων για στρατιωτικά μοντέλα: ο μέσος και η διακύμανση της κατανομής είναι ίσα. Για αυτό το λόγο είναι αρκετά δύσκολο να προσαρμόσουμε την κατανομή Poisson σε πραγματικά δεδομένα. Τα πιο πολλά μοντέλα απλά παρέχουν την αναμενόμενη τιμή της οφειλόμενης καθυστέρησης επιδιόρθωσης-χωρίς να παρέχουν καμία πληροφόρηση σχετικά με την διακύμανση. Ο *Graves (1985)* ανέπτυξε μια μελέτη που τόσο το μέσο όσο και την διακύμανση των προϊόντων στην διαδικασία επιδιόρθωσης. Στο σημείο αυτό θα συζητήσουμε την παραπάνω προσέγγιση αλλά με περισσότερες λεπτομέρειες, κάνοντας χρήση του σεναρίου: ένας κωδικός αποθηκευμένος σε μια αποθήκη και πολλαπλοί έμποροι λιανικής. Παραθέτουμε τα απαραίτητα στοιχεία

- N = ο αριθμός των λιανέμπορών
- x_i = αναμενόμενη ζήτηση ανά μονάδα χρόνου σε λιανέμπορο i
- $x_w = \sum x_i$ = αναμενόμενη ζήτηση ανά μονάδα χρόνου στην αποθήκη
- L_i = χρόνος μεταφοράς από την αποθήκη στον λιανέμπορο i
- L_w = χρόνος παράδοσης για την αποθήκη
- S_i = order-up-to inventory position στον λιανέμπορο i
- S_w = order-up-to inventory position στην αποθήκη
- I_i = υπάρχον απόθεμα στον λιανέμπορο i έτοιμο προς πώληση
- I_w = υπάρχον απόθεμα στην αποθήκη έτοιμο προς πώληση
- B_i = αριθμός από backorders στον λιανέμπορο όπου όμως τώρα μπορούν να εξυπηρετηθούν
- B_w = αριθμός από backorders στην αποθήκη όπου όμως τώρα μπορούν να εξυπηρετηθούν
- W_w = το χρονικό διάστημα καθυστέρησης σε περιόδους εξάντλησης του αποθέματος
- O_i = ο αριθμός παραγγελιών που βρίσκονται στον λιανέμπορο αλλά δεν έχουν ακόμα εκτελεστεί
- O_w = ο αριθμός παραγγελιών που βρίσκονται στην αποθήκη αλλά δεν έχουν ακόμα εκτελεστεί
- H_i = κόστος διατήρησης αποθέματος ανά μονάδα χρόνου σε λιανέμπορο
- H_w = κόστος διατήρησης αποθέματος ανά μονάδα χρόνου στην αποθήκη
- B_{3u_i} = κόστος ελλείψεων ανά μονάδα χρόνου σε λιανέμπορο

Παρακάτω παρατίθεται ο τύπος των αναμενόμενων τιμών για τις ανεκτέλεστες παραγγελίες στην αποθήκη:

$$\begin{aligned}
 E(B_w) &= \sum_{j=S_w+1}^{\infty} (j - S_w) \frac{(x_w L_w)^j}{j!} \exp(-x_w L_w) \\
 &= \sum_{j=S_w+1}^{\infty} (j - S_w) p_{po}(j | x_w L_w)
 \end{aligned}$$

6.1

ας σημειωθεί ότι η έκφραση $p_{po}(j|x_w L_w)$ είναι η πιθανότητα η τυχαία μεταβλητή Poisson με μέσο $x_w L_w$ παίρνει τιμές από το j . Τότε η **διακύμανση** του αριθμού των ανεκτέλεστων παραγγελιών στην αποθήκη είναι:

$$\text{var}(B_w) = \sum_{j=S_w+1}^{\infty} (j - S_w)^2 p_{po}(j|x_w L_w) - [E(B_w)]^2 \quad 6.2$$

Ο τύπος της αναμενόμενης ποσότητας αποθέματος που μπορούμε να έχουμε μοιάζει σε πολύ με τον αναμενόμενο αριθμό των ανεκτέλεστων παραγγελιών:

$$E(I_w) = \sum_{j=0}^{S_w-1} (S_w - j) p_{po}(j|x_w L_w) \quad 6.3$$

και ο μέσος χρόνος παράδοσης στα σημεία λιανικής διάθεσης είναι:

$$L_i = L_i + E(W_w) \quad 6.4$$

ή θα μπορούσε κάλλιστα να είναι ο χρόνος μεταφοράς συν τον χρονικό διάστημα καθυστέρησης σε περίπτωση ελλείψεων αποθεμάτων στην αποθήκη.

Ο μέσος και η διακύμανση του αριθμού των παραγγελιών που εκκρεμούν είναι:

$$E(O_i) = x_i L_i \quad \text{kai} \quad 6.5 \ \& \ 6.6$$

$$\text{var}(O_i) = \left(\frac{x_i}{x_w}\right)^2 \text{var}(B_w) + \left(\frac{x_i}{x_w}\right) \left(\frac{x_w - x_i}{x_w}\right) E(B_w) + x_i L_i$$

Η παραπάνω εξίσωση προκύπτει στην περίπτωση όπου εξισωθούν οι εκκρεμείς παραγγελίες σε όλα τα σημεία λιανικής διάθεσης σε χρόνο $t + L_i$, με το άθροισμα των ανεκτέλεστων παραγγελιών σε χρόνο t στην αποθήκη συν την συνολική ζήτηση για το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ του χρόνου t και $t + L_i$. Στην περίπτωση που οι υπολογιστούν αυτά τα μεγέθη μπορούν να προσαρμοστούν σε μια αρνητική δυνωμική κατανομή. Πιο συγκεκριμένα:

$$P(O_i = j) = \left(\frac{(a_i + j - 1)!}{j!(a_i - 1)!} \right) p_i^a (1 - p_i)^j, j = 0, 1, 2, \dots \quad 6.7$$

όπου a_i είναι ένας θετικός ακέραιος και $0 < p_i < 1$ το οποίο:

$$\begin{aligned} E(O_i) &= a_i(1 - p_i) / p_i \\ \text{var}(O_i) &= a_i(1 - p_i) / p_i^2 \end{aligned} \quad 6.8 \ \& \ 6.9$$

Ας σημειωθεί ότι υπάρχει περίπτωση να μην είναι δυνατό να βρεθεί ακριβές ζευγάρι (a_i, p_i) που να ταιριάζει σε δοσμένο $E(O_i)$, $\text{var}(O_i)$. Υπάρχει πολύ μεγάλη περίπτωση να χρειαστεί να τρέξουμε το a_i με κάποιον ακέραιο αριθμό ακόμα και στην περίπτωση όπου mean και η variance δεν ταιριάζουν ακριβώς. Τελικά:

$$\begin{aligned} E(B_i) &= \sum_{j=S_i+1}^{\infty} (j - S_i) P(O_i = j) \\ E(I_i) &= \sum_{j=0}^{S_i-1} (S_i - j) P(O_i = j) \end{aligned} \quad 6.10$$

και το συνολικό κόστος είναι:

$$h_w E(I_w) + \sum_{i=1}^N h_i E(I_i) + \sum_{i=1}^N B_3 u_i E(B_i)$$

6.4 Αριθμητικό παράδειγμα

Έχουμε τα παρακάτω δεδομένα:

$N = 2$ όμοιοι έμποροι λιανικής πώλησης

$L_w = 2.4$ βδομάδες

$L_i = 2$ βδομάδες

$x_i = 0.6$ μονάδες/εβδομάδα

$h_w = \$2.5$ ανά μονάδα ανά εβδομάδα

$h_i = \$2.7$ ανά μονάδα ανά εβδομάδα

$B_{3u_i} = \$5.1$ ανά μονάδα ανά εβδομάδα

Άρα το $x_w L_w = 2.88$ μονάδες. Περαιτέρω έρευνα χρειάζεται για την ιδανική τριάδα (S_w, S_1, S_2). Επειδή όμως οι έμποροι λιανικής πώλησης είναι σχεδόν πανομοιότυποι μπορούμε να κάνουμε την υπόθεση ότι $S_1 = S_2$. Παρακάτω θα παρατεθεί πίνακας για $S_w = 2$ και $S_1 = S_2 = 3$

Πίνακας 6.1

j	$(j - S_w) p_{p_w}(j x_w L_w)$	$(j - S_w)^2 p_{p_0}(j x_w L_w)$
3	0.2235	0.2235
4	0.3218	0.6437
5	0.2781	0.8342
6	0.1780	0.7118
7	0.0915	0.4576
8	0.0395	0.2372
9	0.0148	0.1033
10	0.0049	0.0389
11	0.0014	0.0129
12	0.0004	0.0038
13	0.0001	0.0010
14	0.0000	0.0003
15	0.0000	0.0001
Sum	1.1540	3.2683

Άρα:

$$E(B_w) = 1.1540 \text{ και } \text{var}(B_w) = 3.2683 - (1.1540)^2 = 1.9366$$

$$E(W_w) = 1.1540 / 1.2 = 0.9616$$

Και $E(I_w) = 0.2740$ όπως αποδεικνύετε παρακάτω:

Πίνακας 6.2

j	$(S_w - j)p_{p_0}(j x_w L_w)$
0	0.1123
1	0.1617
Sum	0.2740

Έτσι:

$$L_i = 2 + 0.9616 = 2.9616 \text{ βδομάδες}$$

$$E(O_i) = 0.6(2.9616) = 1.7770 \text{ μονάδες}$$

$$\text{var}(O_i) = \left(\frac{0.6}{1.2}\right)^2 (1.9366) + \left(\frac{0.6}{1.2}\right) \left(\frac{1.2 - 0.6}{1.2}\right) (1.1540) + 0.6(2) = 1.9726$$

μονάδες

αν κάνουμε χρήση των:

$$E(O_i) = a_i(1 - p_i) / p_i$$

$$\text{var}(O_i) = a_i(1 - p_i) / p_i^2$$

και με τις τιμές που έχουμε παραπάνω τότε $a_i = 17$ και $p_i = 0.900808$, θα πρέπει να σημειώσουμε ότι έγινε στρογγυλοποίηση του a_i για να είναι ακέραιος. Θα πρέπει να σημειώσουμε όμως ότι το εν λόγω ζευγάρι (a_i, p_i) δεν δίνει ακριβώς τα παραπάνω $E(O_i)$, $\text{var}(O_i)$ και αυτό διότι το a_i έχει γίνει ακέραιος. Τώρα κάνοντας χρήση του παραπάνω πίνακα και με $S_i = 3$ μπορούμε να έχουμε τον αναμενόμενο αριθμό από ανεκτέλεστες παραγγελίες αλλά και το αναμενόμενο πραγματικό απόθεμα σε σημείο λιανικής πώλησης j .

Πίνακας 6.3

j	$(S_i - j)P(O_i = j)$
0	0.5080

1	0.5711
2	0.2549
sum	1.3340

Πίνακας 6.4

j	$(j - S_i)P(O_i = j)$
4	0.0794
5	0.0662
6	0.0361
7	0.0157
8	0.0058
9	0.0019
10	0.0006
11	0.0002
sum	0.2060

$$E(B_i) = 0.2060$$

$$E(I_i) = 1.3340$$

Και το συνολικό κόστος για αυτές τις τιμές είναι:

$$\text{TRC} (S_w = 2, S_1 = 3, S_2 = 3) = 2.5(0.2740) + 2(2.7) (1.3340) + 2(5.1) (0.2060) = \$9.99$$

6.5 Επεκτάσεις στις περιπτώσεις κλαδικών συστημάτων επισκευής

6.5.1 Συμβασιακά Μέτρα - Indentured modules

Για να γίνει κατανοητό το παράδειγμα θα πρέπει να λάβουμε υπόψη κάποιο περίπλοκο κομμάτι εξοπλισμού το οποίο όμως έχει φτιαχτεί από πλήθος εξαρτημάτων τα οποία αυτά με την σειρά τους αποτελούνται από πλήθος υποεξαρτημάτων κ.ο.κ. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αποτελούν

τόσο τα αεροσκάφη όσο και οι μηχανές τους. Αναπόφευκτα όσο και καλά σχεδιασμένα και αν είναι τα αεροσκάφη και οι μηχανές τους πάντα υπάρχει η πιθανότητα κάποιας βλάβης αλλά και σίγουρα θα υπάρχει προληπτική ή περιοδική αλλαγή και συντήρηση κάποιων εξαρτημάτων. Η αλλαγή κάποιου εξαρτήματος δεν είναι ανεξάρτητη γιατί όλα τα εξαρτήματα έχουν μια σειρά από βοηθητικά ή συμπληρωματικά άλλα εξαρτήματα.

Προσπαθώντας να κάνουμε εκτιμήσεις του ρυθμού αποτυχίας των διαφόρων ανταλλακτικών θα πρέπει να παραδεχτούμε ότι τόσο η διαπίστωση και επιδιόρθωση όσο και το κόστος κάθε εξαρτήματος ακόμα και στην περίπτωση που εντοπίζονται στον ίδιο αποθηκευτικό χώρο παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον. Η πρώτη δυσκολία εντοπίζεται στο γεγονός ότι δεν μπορούμε πολύ εύκολα να εκτιμήσουμε το πλήθος των εξαρτημάτων που θα επιτύχουν μεγιστοποίηση διαθεσιμότητας όλων των ανταλλακτικών. Η δεύτερη δυσκολία εντοπίζεται στο πως θα επιτύχουμε τον καλύτερο συνδυασμό πλήθος εξαρτημάτων-μεγιστοποίησης του επιπέδου εξυπηρέτησης.

Υπάρχει και η άλλη περίπτωση όπου τα ανταλλακτικά θα είναι τοποθετημένα σε διαφορετικές αποθήκες και τοποθεσίες με υψηλό βαθμό πολυπλοκότητας διαφορετικού επιπέδου που ανήκουν τα διάφορα εξαρτήματα. Επόμενο σημείο δυσκολίας είναι η επιλογή του *SKU* που θα έχουμε σε απόθεμα αλλά και που θα πρέπει να είναι τοποθετημένες και με ποιο τρόπο όλες αυτές οι μονάδες. Στο παραπάνω θα πρέπει να λάβουμε υπόψη το γεγονός την ιεραρχία που υπάρχει στα ανταλλακτικά αλλά και το γεγονός ότι κάθε εξάρτημα δεν είναι ανεξάρτητο σε σχέση με τα άλλα.

Στην περίπτωση που το θεωρήσουμε σαν *mod-metric* μοντέλο θα αναφέρουμε το μοντέλο του *Muckstadt's (1973)* με δύο ταυτόσημες εκδόσεις. Οι εκδόσεις είναι γραμμικά αντικαταστήσιμες μονάδες (*Line Replaceable Units*) που αντικαθιστώνται με γραμμικό ρυθμό και μπορούν τόσο να αφαιρεθούν όσο και να τοποθετηθούν. Αποτελούν και *SRU (Shop Replaceable Units)* τα οποία είναι υποεξαρτήματα των *LRU* τα οποία θα πρέπει να αφαιρεθούν και να τοποθετηθούν στις διάφορες τοποθεσίες επισκευής. Σκοπός είναι η εύρεση του συνολικού αριθμού εξαρτημάτων που ελαχιστοποιεί τον συνολικό αριθμό του βασικού επιπέδου ανεκτέλεστων παραγγελιών *LRU*.

Σχετικά με την ευριστική λύση θα πρέπει να αναφέρουμε τα παρακάτω. Το διαθέσιμο budget διαιρείται σε δύο W_1, W_2 . Το W_1 εντοπίζεται μεταξύ των SRU με σκοπό την ελαχιστοποίηση της αναμενόμενης καθυστέρησης και επιδιόρθωσης των LRU. Το αποτέλεσμα καθορίζει το μέσο χρόνο ανατροφοδότησης για κάθε LRU σε κάθε βάση. Έχοντας γνώση όλων των παραπάνω και κάνοντας χρήση του metric για να εντοπίσουμε το W_2 μεταξύ των LRU που θα ελαχιστοποιούν το βασικό επίπεδο των ανεκτέλεστων παραγγελιών LRU. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για διαφορετικές τιμές W_1, W_2 (αθροίζοντας τα στο W) με σκοπό την εύρεση του καλύτερου δυνατού συνδυασμού. Ο Muckstadt (1976) προχωράει ακόμα παρά πέρα δίνοντας επεκτάσεις για περιπτώσεις πάνω από δύο κλάδους.

Ο Clark (1978) κάνει χρήση του ίδιου πολυκλαδικού μοντέλου με διαφορετικές εκδόσεις, πολιτική (S-1,S) και ρυθμό ζήτησης που ακολουθεί την κατανομή Poisson. Χρησιμοποιεί ένα διαφορετικό κριτήριο μεγιστοποίησης της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού στα κεντρικά σημεία. Η διαθεσιμότητα στα σημεία αυτά ορίζεται σαν το χρονικό περιθώριο όπου ο εξοπλισμός είναι ενεργός. Ο Clark δίνει και κάποιες άλλες προτάσεις σχετικά με το πώς να διαχειριστούμε την γενικότερη πολιτική (S,s), όπου $s \neq S-1$.

6.6 Οικονομικά κίνητρα για κεντρικά αποθέματα

Ας θεωρήσουμε n σημεία λιανικής διάθεσης ($i=1,2,3,\dots,n$). Κάνοντας χρήση μιας ανεξάρτητης ή αποκεντρωμένης (s_i, EOQ_i) στρατηγικής για το κάθε σημείο και κάνοντας την παραδοχή, για χάριν ευκολίας, ότι υπάρχει ο ίδιος παράγοντας ασφαλείας k αλλά και το ίδιο επίπεδο εξυπηρέτησης P_i σε κάθε τοποθεσία και ότι η ζήτηση είναι ανεξάρτητη στα διάφορα σημεία λιανικής διάθεσης τότε τα αναμενόμενα συνολικά και συσχετιζόμενα κόστη για το σύστημα είναι:

$$ETRC(\text{decentralized}) = \sum_{i=1}^n ETRC_i = \sum_{i=1}^n \left[\sqrt{2A_i D_i ur} + k S_i ur \right]$$

αν κάνουμε επίσης την υπόθεση ότι το κόστος παραγγελίας A_i είναι το ίδιο σε όλες τις τοποθεσίες τότε έχουμε

$$ETRC(\text{decentralized}) = \sqrt{2Aur} \sum_{i=1}^n \sqrt{D_i} + kur \sum_{i=1}^n S_i \quad 6.11$$

αν υποθέσουμε ότι η αποθήκευση έχει γίνει σε μια κεντρική τοποθεσία τότε τα συνολικά αναμενόμενα και σχετικά κόστη είναι:

$$ETRC(\text{decentralized}) = \sqrt{2AD_c ur} + kur S_c$$

όπου

$$D_c = \sum_{i=1}^n \sqrt{D_i} \quad 6.12 \text{ \& } 6.13$$

και

$$\sqrt{D_c} \leq \sum_{i=1}^n \sqrt{D_i}$$

και το S_c είναι η στάνταρ deviation της συνολικής ζήτησης.

Μπορεί να δειχθεί ότι:

$$S_c \leq \sum_{i=1}^n S_i \quad 6.14$$

Το παραπάνω αποτέλεσμα είναι γνωστό στην βιβλιογραφία σαν portfolio effect. Η αιτία που ονομάζεται έτσι είναι ότι υψηλότερες από τον μέσο όρο μορφές ζήτησης σε κάποιες τοποθεσίες θα αντισταθμιστούν ταυτόχρονα από άλλες μορφές ζήτησης που θα είναι σε κάποιες τοποθεσίες κάτω του μέσου όρου.

Κάνοντας χρήση των παραπάνω έχουμε ότι

$$ETRC(\text{centralized}) \leq ETRC(\text{decentralized})$$

6.7 Τοποθέτηση Αποθέματος

Ανατρέχοντας στην βιβλιογραφία θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν απόψεις που λένε ότι είναι προτιμότερη η στρατηγική της κεντρικής αποθήκευσης. Υπάρχει επίσης και η άποψη που διαφωνεί και υποστηρίζει ότι είναι προτιμότερη η στρατηγική της αποκέντρωσης σχετικά με τα αποθέματα. Το ερώτημα λοιπόν που εύλογα γεννάται είναι, που τελικά θα κρατάμε αποθέματα σε περίπτωση που προκύψει ζήτηση σε κάποιον έμπορο λιανικής.

Ας λάβουμε υπ' όψιν τον παράγοντα ρυθμό ζήτησης του προϊόντος. Ας κάνουμε την παραδοχή ότι έχουμε ένα σύστημα δύο κλάδων που χαρακτηρίζεται από προϊόντα χαμηλής ζήτησης και αποτελείται από μια κεντρική αποθήκη και διάφορα σημεία λιανικής διάθεσης. Το κάθε σημείο λιανικής διάθεσης μπορεί να κρατήσει μηδέν ή μια μονάδα σαν απόθεμα. Το σημείο που αξίζει προσοχή είναι ότι σε μια παρόμοια περίπτωση υπάρχει ένα σημείο κλειδί στον ρυθμό ζήτησης όπου τα σημεία λιανικής διάθεσης με ρυθμό μικρότερο αυτού του σημείου θα προτιμήσουν να μην αποθηκεύσουν καμία μονάδα αλλά να αναπληρώσουν στο υψηλότερο κόστος αναπλήρωσης μόνο σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης και μόνο εάν και εφόσον το απαιτούν οι συνθήκες. Σημεία λιανικής διάθεσης που ξεπερνούν αυτό το σημείο θα αναπληρώσουν με το χαμηλότερο κόστος αναπλήρωσης όταν παραστεί η ανάγκη.

Όλα τα παραπάνω ισχύουν για επιχειρήσεις με χαμηλό ρυθμό ζήτησης. Σε επιχειρήσεις που έχουν υψηλότερες απαιτήσεις αλλά και ρυθμό ζήτησης η συμπεριφορά διαφέρει πάρα πολύ. Συχνό φαινόμενο αυτών των επιχειρήσεων είναι να προβαίνουν σε πλήρεις φορτώσεις (FTL Full Truckloads), και βασικό χαρακτηριστικό της στρατηγικής ανάπτυξης σχετικά με τα αποθέματα είναι κάποιο μέρος του αποθέματος να "προχωρήσει" πιο μπροστά, σε επίπεδο λιανικής διάθεσης. Η πολιτική για αυτή την κίνηση στηρίζεται στο γεγονός ότι ακόμα και αν δεν πουληθεί το προϊόν σήμερα είναι πολύ πιθανό να πουληθεί αύριο. Το σημαντικό όφελος που θα προκύψει από τις εξοικονομήσεις σχετικά

με μεγάλα φορτία θα υπερισχύσει του όποιου κόστους θα υπάρξει για την όποια διατήρηση του αποθέματος.

Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι σε παρόμοιες περιπτώσεις θα πρέπει να διατηρείται κάποιο απόθεμα ασφαλείας το μέγεθος του οποίου θα εξαρτηθεί από παράγοντες όπως ο ρυθμός ζήτησης, χρόνοι παράδοσης, κόστος μεταφοράς, κόστος διατήρησης αποθέματος και από το επίπεδο εξυπηρέτησης που θέλει η επιχείρηση να παρέχει.

Βασικό σημείο προσοχής είναι οι επιδράσεις που δημιουργεί ο χρόνος παράδοσης πάνω στο κόστος κατασκευαστή/εμπόρου λιανικής. Ας κάνουμε τρία σενάρια. Ένας έμπορος λιανικής διάθεσης ένας κατασκευαστής, πολλοί έμποροι λιανικής διάθεσης ένα κατασκευαστής και τέλος ένας έμπορος λιανικής και πολλοί κατασκευαστές. Το σημείο που αξίζει να σταθεί κάποιος είναι ότι σε καμία περίπτωση δεν πρέπει το απόθεμα ασφαλείας να διασπαστεί στον έμπορο λιανικής και στον κατασκευαστή. Το απόθεμα θα πρέπει να είναι είτε στον έμπορο λιανικής είτε στον κατασκευαστή αλλά σε καμία περίπτωση και στους δύο ταυτόχρονα. Σε όλα τα παραπάνω που αναφέρθηκαν θεωρείται δεδομένο ότι τα δύο μέρη συνεργάζονται ομαλά και ότι οι χρόνοι παράδοσης είναι διαπραγματεύσιμοι. Τώρα λοιπόν στο που θα πρέπει να έχουμε το απόθεμα ασφαλείας η πιο ολοκληρωμένη λύση είναι η κεντρική αποθήκη και αυτό λόγω του χαμηλού κόστους μεταφοράς που μπορεί να επιτευχθεί αλλά και των μικρότερων χρόνων μεταφοράς που μπορούν επίσης να επιτευχθούν.

6.8 Πλευρικές ή πλάγιες μεταφορές

Η βασική και πιο κοινή παραδοχή στα πολυκλαδικά αποθέματα είναι ότι οι μεταφορές μεταξύ εμπόρων λιανικής δεν επιτρέπονται. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου πιστεύεται ότι το κόστος μπορεί να μειωθεί και το επίπεδο εξυπηρέτησης μπορεί να βελτιωθεί. Κάτι τέτοιο θα ισχύσει εάν και μόνο οι μεταφορές αυτές γίνονται μόνο σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Στην αντίθετη περίπτωση που θα χρησιμοποιηθεί για τυχόν διαφορές μεταξύ

αποθέματος προμηθευτών τότε είναι πολύ πιθανό το κόστος να ανέβει από τις περιπτώσεις και συχνές μετακινήσεις. Οι θετικές επιπτώσεις μπορούν να αυξηθούν και στην περίπτωση όπου επιτραπεί η πλάγια αναπλήρωση διαφόρων προϊόντων μεταξύ εμπόρων λιανικής αλλά και ακόμα στην περίπτωση όπου επιτραπούν οι αναπληρώσεις ακόμα και όταν κανείς έμπορος δεν είναι σε θέση να εξυπηρετήσει αλλά μπορεί να είναι σε θέση λίγο αργότερα. Τα πλεονεκτήματα αυτής της στρατηγικής σχετίζονται άμεσα με τον αριθμό των μονάδων. Πιο συγκεκριμένα τα οφέλη εντοπίζονται στην περίπτωση όπου ο αριθμός των προϊόντων είναι είτε πολύ μεγάλος είτε πολύ μικρός.

6.9 Εύρεση της καλύτερης ποσότητας αναπλήρωσης

(Με γνωστό ρυθμό ζήτησης και κλάδους δύο επιπέδων)

Στόχος μας είναι η εύρεση του n (ακεραίου) και Q_R με σκοπό να ελαχιστοποιήσουμε:

$$TRC(n, Q_R) = \frac{D}{Q_R} \left(A_R + \frac{A_w}{n} \right) + \frac{Q_R r}{2} (nu'_w + u'_R) \quad 6.15$$

Μια συγκαταβατική προσέγγιση είναι πρώτα να θέσουμε το μερικό παράγωγο του TRC και να το εξισώσουμε με το μηδέν και κατόπιν να λύσουμε για το $Q^*(n)$, το οποίο είναι το καλύτερο Q^* δοσμένου του συγκεκριμένου n .

$$\frac{\partial TRC}{\partial Q_R} = -\frac{D}{Q_R^2} \left(A_R + \frac{A_w}{n} \right) + \frac{r}{2} (nu'_w + u'_R) = 0$$

το οποίο επιλύεται για

$$Q_R^*(n) = \sqrt{\frac{2 \left[A_R + \frac{A_w}{n} \right] D}{(nu'_w + u'_R)r}} \quad 6.16$$

Αν κάνουμε χρήση της πρώτης εξίσωσης και αντικαταστήσουμε θα έχουμε το χαμηλότερο δυνατό κόστος δομένης συγκεκριμένης τιμής n . Το αποτέλεσμα είναι ως εξής:

$$TRC^*(n) = \sqrt{2 \left[A_R + \frac{A_w}{n} \right] D (nu'_w + u'_R)r}$$

Τέλος πρέπει να εντοπίσουμε την ακέραια τιμή του n που ελαχιστοποιεί το $TRC^*(n)$. Αλλά πρώτα πρέπει να αναγνωρίσουμε ότι το n που ελαχιστοποιεί την πιο απλή έκφραση είναι εκείνο που ελαχιστοποιεί και το $TRC^*(n)$.

$$F(n) = \left[A_R + \frac{A_w}{n} \right] (nu'_w + u'_R) \quad 6.17$$

Μια απλή μεθοδολογία να για την εύρεση του n που ελαχιστοποιεί είναι πρώτα να θέσουμε

$$\frac{dF(n)}{dn} = 0$$

το οποίο δίνει

$$(nu'_w + u'_R) \left[-\frac{A_w}{n^2} \right] + \left[A_R + \frac{A_w}{n} \right] u'_w = 0$$

το οποίο επιλύεται για

$$n^* = \sqrt{\frac{A_w u'_R}{A_R u'_w}}$$

6.18

το οποίο γενικά δεν θα είναι ακέραιος. Επόμενο βήμα είναι η εξακρίβωση των $F(n_1)$ και $F(n_2)$ όπου n_1 και n_2 είναι δύο ακέραιοι γύρω από το n^* . Τώρα όποιο από τα δύο δώσει την χαμηλότερη τιμή για το F είναι το καταλληλότερο n για να χρησιμοποιηθεί. Τέλος οι ζητούμενες τιμές για τα Q_w , Q_R βρίσκονται κάνοντας χρήση του παραπάνω n .

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ

Βασικό πρόβλημα κάθε επιχείρησης, ανεξαρτήτου κλάδου, αποτελεί ο τρόπος διαχείρισης της αποθήκης και πιο συγκεκριμένα ο τρόπος διαχείρισης των αποθεμάτων. Θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί ότι τα αποθέματα μαζί με την σωστή εξυπηρέτηση και προώθηση είναι οι παράγοντες εκείνοι οι οποίοι μπορούν να συντελέσουν τα μέγιστα ώστε κάθε επιχείρηση να επιτύχει το επιθυμητό μέγεθος πωλήσεων. Η υπερβολική όμως αύξηση του όγκου των αποθεμάτων εγκυμονεί κινδύνους και μπορεί να βάλει την κάθε επιχείρηση σε τεράστια έξοδα τα οποία γρήγορα μπορούν να γίνουν δυσβάσταχτα. Τα ίδια καταστροφικά αποτελέσματα μπορεί να έχουμε και στην περίπτωση υπερβολικών ελλείψεων.

Το πρόβλημα λοιπόν, σε μια γενικότερη μορφή, εστιάζεται στα κριτήρια με τα οποία η Χ επιχείρηση θα προβεί σε επαναπαραγγελίες αλλά και στα κριτήρια εκείνα τα οποία θα κρούουν τον κώδωνα του κινδύνου τόσο σε περίπτωση όπου το απόθεμα είναι χαμηλό όσο και στην περίπτωση που το μέγεθος του αποθέματος έχει αυξηθεί επικίνδυνα.

Στην εργασία αυτή αναπτύξαμε τα πολυκλαδικά μοντέλα διαχείρισης αποθεμάτων. Για να γίνει πιο κατανοητή η μελέτη θέσαμε συγκεκριμένους περιορισμούς σχετικά με την δομή της επιχείρησης αλλά και του τρόπου διακίνησης των προϊόντων. Κατόπιν προσπαθήσαμε να δούμε τα προβλήματα που προκύπτουν σχετικά με τις διάφορες μορφές ζήτησης. Πιο συγκεκριμένα εξετάσαμε την ιδανική περίπτωση όπου ρυθμός της ζήτησης είναι γνωστός, αλλά εξετάσαμε και την περίπτωση όπου ο ρυθμός της ζήτησης είναι άγνωστος. Σε κάθε περίπτωση δόθηκε κάποιο αριθμητικό παράδειγμα με σκοπό να κάνει πιο εύκολη την κατανόηση των όσων έχουν γραφτεί.

Στη συνέχεια δώσαμε τον τρόπο υπολογισμού του βασικού επιπέδου ελέγχου Αποθέματος με στόχο κάθε επιχείρηση να γνωρίζει τις παραμέτρους εκείνες που δίνουν τις απαραίτητες πληροφορίες για το επίπεδο ασφαλείας του αποθέματος. Σε μια πιο γενική μορφή οριοθετήσαμε τα άκρα μέσα στα οποία η αποθήκη είναι ασφαλής και δεν χρειάζεται να δώσει εντολή παραγγελίας.

Αποφασίσαμε να κάνουμε την μελέτη πιο περίπλοκη και να επικεντρωθούμε σε συστήματα όπου η μορφή δομής μοιάζει με εκείνη του δένδρου. Αναλύσαμε την δενδροειδή κατάσταση τόσο με απόθεμα στην κεντρική αποθήκη όσο και χωρίς απόθεμα. Πάντως και στις δύο περιπτώσεις το βασικό συμπέρασμα είναι ότι ο τρόπος άσκησης ελέγχου θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα αυστηρός αλλά και θα πρέπει με κάποιο τρόπο να διασφαλιστεί η πλήρης διαφάνεια αλλά και ασφάλεια των πληροφοριών κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Τέλος εξετάσαμε τα συστήματα πίεσης ελέγχου αλλά και όλες εκείνες τις υποπεριπτώσεις σχετικά με οικονομικά κίνητρα, εύρεση της καλύτερης ποσότητας αποθέματος, τοποθέτησης αποθέματος με στόχο να ολοκληρώσουμε την μελέτη. Το βασικό συμπέρασμα το οποίο προέκυψε είναι ότι τα πολυκλαδικά μοντέλα διαχείρισης παρέχουν την απαραίτητη πληροφόρηση κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας και δίνουν όλα εκείνα τα εχέγγυα τα οποία μπορούν να αποτρέψουν την επιχείρηση από περιπτώσεις ελλείψεων ή υπερβολικού αποθέματος.

Συνοψίζοντας θεωρώ απαραίτητο να τονίσουμε, πριν την βιβλιογραφία, ότι βασική πηγή όλων των παραπάνω αποτέλεσε το βιβλίο των Silver, Pyke, Peterson (2003), *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, 3rd Edition, ISBN 0-471-11947-4, © 1998.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abboud, N.E. (1996). The Markovian Two-Echelon Repairable Item Provisioning Problem. *Journal of the Operational Research Society*, 47, 284-96.

Afentakis, P (1987). A Parallel Heuristic Algorithm for Lot-Sizing in Multistage Systems. *IIE transactions*, 19(1), 34-42.

Afentakis, P., B. Gavish, and U.Karmarkar (1984). Computationally Efficient Optimal Solutions to the Lot-Sizing Problem in Multistage Assembly Systems. *Management Science*, 30(2), 222-39.

Aggarwal, P., and K. Moinzadeh (1994). Order Expedition in Multi-Echelon Production/Distribution Systems. *IIE Transactions*, 26(2), 86-96.

Aggarwal, V., M.A. Cohen, and Y.Zheng (1996). Stock Positioning in After-sale Service Distribution Net-works. Wharton School, OPIM Department, University of Pennsylvania.

Ahire, S. L., and C. P. Schmidt (1996). A model for a Mixed Continuous-Periodic Review One-Warehouse, N-Retailer Inventory System. *European Journal of Operational Research*, 92, 69-82.

Ahn, B., N. Watanable, and S.Hiraki (1994). A Mathematical Model to Minimize the Inventory and Transportation Costs in the Logistics System. *Computers & Industrial Engineering*, 27(1-4), 229-32.

Albright, S. C., and A. Soni (1988). Approximate Steady-State Distribution for a Large Repairable Item Inventory System. *European Journal of Operational Research*, 34, 351-61.

Alfredsson, P., and J. Verright (1996). Modeling Emergency Supply Flexibility in a Two-Echelon Inventory System. Department of Mathematics, Royal Institute of Technology, S-100 44 Stockholm, Sweden.

Anupindi, R., and Y. Bassok (1994). Centralization of Stocks: retailers vs Manufacturer. Kellogg Graduate school of Management, Northwestern University.

Archibald, T.W., S. A. Sassen, and L. C. Thomas (1997). An Optimal Policy for a Two Depot Inventory Problem with Stock Transfer. *Management Science*, 43(2), 173-83.

Arntzen, B. C., G. G. Brown, T.P. Harrison, and L.L. Trafton (1995). Global Supply Chain Management at Digital Equipment Corporation. *Interfaces*, 25(1), 69-93.

Ashayeri, J., R.Heuts, A.Jansen, and B. Szczerba (1996). Inventory Management of Repairable Service Parts for Personal Computers: A Case Study. *International Journal of Operations and Production Management*, 16(12), 74-97.

Atkins, D., and S.De (1992). 94%-Effective Lot-Sizing for Two Stage Serial Production/Inventory System with Stochastic Demand. Faculty of Commerce, University of British Columbia: 92-MSG-001.

Atkins, D., and D.Sun (1995). 98% Effective Lot-Sizing For Series Inventory Systems With BackLogging. *Operations Research*, 43(2), 335-45.

Baganha, M.P., and M.A. Cohen (1996). The Stabilizing Effect of Distribution Inventory. *Operations Research*, to appear.

Brown, R.G. (1982). The New Push for DRP. *Inventories & Production Magazine*, 1(3), 25-27.

Brown, R. G. (1982). *Advanced Service Parts Inventory Control*. Norwich, Vermont: Materials Management Systems, Inc.

Cohen, M. A., N. Agrawal, V. Agrawal, and A.Raman (1995). Analysis of Distribution Strategies in the Industrial Paper and Plastic Industry. *Operation Research*, 43(1), 6-18.

Cohen, M. , P.V. Kamesam, P. Kleindorfer, H. Lee, and A. Tekerian (1990). Optimizer: IBM's Multi-Echelon inventory System for Managing Service Logistics. *INTERFACES*, 20(1), 65-82.

Cohen, M., P. Kleindorfer, and H. Lee (1986). Optimal Stocking Policies for Low Usage Items in Multi-Echelon Inventory Systems. *Naval Research Logistics*, 33, 17-38.

De Kok, A. G., A. G. Lagodimos, and H. P. Seidel (1994). Stock Allocation in a Two-Echelon Distribution Network under Service Constraints. *IE & MS*, Eindhoven University of Technology: TUE/BDK/LBS/94-03.

Forsberg, R. (1995). Optimization of Order-up-to-S Policies for Two-Level Inventory Systems with Computed Poisson Demand. *European journal of Operational Research*, 81, 130-138.

Hill, R. M. (1989). Allocating Warehouse Stock in a Retail Chain. *Journal of the Operational Research Society*, 40(11), 983-91.

Jackson, P. L., and J. A. Muckstadt (1989). Risk Pooling in a Two-Period, Two Echelon Inventory Stocking and Allocation Problem. *Naval Research Logistics*, 36(1), 1-26.

Jackson, P. L., and J. A. Muckstadt, and W. Jones (1996). The Distribution Game. School of Operation Research and Industrial Engineering, Cornell University.

Lagodimos, A. G. (1992). Multi-Echelon Service Models for Inventory Systems Under Different Rationing Policies. *International Journal of Production Research*, 30(4), 939-58.

Lagodimos, A. G., A.G. de Kok, and j.H.C. Verrijdt (1995). The Robustness of Multi-Echelon Service Models under Autocorrelated Demands. *Journal of the Operational Research Society*, 46,92-103.

Graves, S.C. (1988) Safety Stocks in Manufacturing Systems. *Journal of Manufacturing and Operations Management.*, 1(1), 67-101.

Hill, R. M. (1989). Allocating Warehouse Stock in a Retail Chain. *Journal of the Operational Research Society*, 40(11), 983-91.